COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 JANVIER 1862.

PRÉSIDENCE DE M. DUHAMEL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. LE SECRÉTAIRE PERPÉTUEL présente le tome LII des *Comptes rendus* hebdomadaires et annonce que ce volume est en distribution au Secrétariat.

« M. FLOURENS fait hommage à l'Académie de son *Éloge historique de Tiedemann,* lu dans la séance publique du lundi 23 décembre 1861. »

PHYSIOLOGIE. — *Note sur la coloration des os d'animaux nouveau-nés par la simple* lactation *de mères à la nourriture desquelles a été mêlée de la garance; par* M. FLOURENS.

« Dans la séance du 4 juin 1860, et dans celle du 31 décembre de la même année, je présentai à l'Académie des fœtus dont les os avaient été colorés par l'action de la garance, mêlée à la nourriture de la mère. Je lui présente aujourd'hui un fait qui démontre d'une manière complète la prolongation de l'influence de la mère sur le nouvel être : ce sont des squelettes

d'animaux nouveau-nés dont les os ont été colorés par la simple *lactation* de mères à la nourriture desquelles de la garance a été mêlée.

» Dans le cas des os de fœtus colorés pendant la gestation, c'était évidemment le sang de la mère qui avait porté (1) dans le fœtus le principe colorant de la garance. Je ne doutai pas que ce que faisait le sang, le lait ne pût le faire.

» Je fis mettre aussitôt en expérience de jeunes porcs qui venaient de naître; ils furent soigneusement séparés de la mère tant que dura l'expérience, et n'y étaient réunis que pendant les moments nécessaires à la lactation. La mère fut, en même temps, soumise à une nourriture mêlée de garance. Au bout de quinze à vingt jours, tous les os des jeunes porcs se trouvèrent rouges.

» Ce résultat était précieux; mais, dans les conditions où je l'avais obtenu, il pouvait laisser quelque prise au doute. Lorsque la coche arrivait au milieu de ses petits, elle avait le museau tout barbouillé de sa nourriture, et les petits léchaient cette nourriture à qui mieux mieux (2).

» Il fallait, pour ces expériences, des animaux dont on fût sûr qu'ils ne mangent point et qu'ils se bornent à teter pendant les premiers temps de la *lactation*.

» Sous ce rapport, de jeunes rats (3) et de jeunes lapins m'ont paru offrir toute garantie.

» La femelle du surmulot porte de dix-huit à vingt jours; elle fait un nid où elle dépose ses petits; ces petits naissent tout nus et les yeux fermés; ils ne mangent point durant les premiers jours; ils ne font que teter, et ne sortent du nid que du quinzième au vingtième jour.

» La femelle du lapin porte trente jours; elle fait un nid au fond duquel elle dépose ses petits; ces petits naissent tout nus (4) et les yeux fermés; ils ne sortent du nid que du vingt-cinquième au trentième jour; enfin, ils ne mangent point et ne font que teter pendant les premiers jours.

» Les petits rats et les petits lapins m'ont paru offrir toutes les conditions que je souhaitais.

» J'ai fait soumettre à un régime mêlé de garance une femelle de sur-

---

(1) Par *endosmose*. Voyez le t. L des *Comptes rendus*, p. 1011.

(2) Le petit porc boit, lèche, mange, court, dès sa naissance.

(3) Le *rat albinos*.

(4) Les petits lapins n'ont, comme les petits rats, qu'un duvet à peine visible.

mulot qui venait de mettre bas. Au bout de onze jours, j'ai examiné les petits : tout ce qui était déjà osseux dans leur squelette était rouge.

» J'ai fait soumettre au même régime, mêlé de garance, une femelle de lapin qui venait également de mettre bas : au bout de neuf jours, tout ce qu'il y avait d'osseux dans le squelette du jeune lapin était rouge.

» De plus, j'ai scrupuleusement examiné la bouche, l'œsophage, l'estomac, les intestins de tous ces animaux, rats et lapins, et je n'ai trouvé nulle part aucune trace de garance.

» Le fait est donc certain : la *lactation* agit comme la *gestation ;* le *lait* a le même pouvoir que le *sang* de porter au fœtus le principe colorant de la garance, de rougir ses os. En d'autres termes, la mère influe sur le petit par la *lactation* comme elle influait sur lui par la *gestation ;* et sous ce point de vue, la *lactation* n'est qu'une prolongation de la *gestation :* prolongation précieuse de l'influence de la nourrice sur le petit, phénomène physiologique du plus haut ordre, et ressource thérapeutique dont la médecine savante de nos jours ne manquera sûrement pas de tirer parti. »

ASTRONOMIE. — *Sur la figure de la grande comète de 1861 ; par* **M. FAYE.** (Troisième partie.)

« *Émission cyathiforme*, ou émission nucléale antérieure (du côté du Soleil) en forme de calice à fond conique et à bords renversés. — Il fallait ici un mot nouveau, car ceux dont on s'est servi jusqu'ici pour désigner ce phénomène, les mots d'*aigrettes*, de *secteurs lumineux*, d'*éventail*, etc., semblent tous indiquer une émission qui s'opérerait dans le plan de l'orbite, c'est-à-dire dans le plan où Bessel faisait osciller, devant le Soleil, le noyau et ses appendices, comme une aiguille aimantée placée sous l'influence d'un aimant puissant. Ce secteur plan à bords recourbés se retrouve à la fois dans la figure théorique de la planche lithographiée des *Comptes rendus* (séance du 9 décembre dernier) que j'aurai occasion de rappeler ici plusieurs fois, et dans le dessin du P. Secchi pour la comète de l'an dernier (même planche, 3 luglio 10^h pom.). Les deux secteurs y sont limités par un contour plus ou moins régulier qui semble en dessiner l'arc terminal. Nous allons voir que ces lignes sont en réalité les contours perspectifs d'une figure bien plus complexe, et que cette figure est précisément celle de la théorie.

» Si l'émission antérieure était un secteur situé dans le plan de l'orbite,

son aspect varierait suivant certaines lois au fur et à mesure du déplacement de l'observateur. De face il serait vu sans raccourci, en vraie grandeur; vu obliquement, il se rétrécirait; si l'observateur venait à passer par son plan, il se réduirait à une ligne lumineuse plus ou moins large; enfin, de l'autre côté du plan, il repasserait en sens inverse par les mêmes effets de raccourci. Ainsi son aspect dépendrait de l'inclinaison du rayon visuel sur le plan du secteur et non de son inclinaison sur l'axe. Les choses se sont-elles passées ainsi pour la comète de 1861 qui nous offre, ici encore, les moyens de contrôle les plus décisifs? Nullement. Le 12 et le 14 juin, M. Ellery voit et dessine un secteur à angle très-ouvert (planche du *Compte rendu* du 9 décembre). Le 30 juin, jour où la Terre a passé par le plan de l'orbite, au lieu d'apercevoir le noyau surmonté d'un trait lumineux unique, dirigé vers le Soleil, on l'a vu entouré de rayons divergents comme un soleil d'artifice, disent les uns, comme une étoile de mer, disent les autres. Enfin le 3 juillet (même numéro des *Comptes rendus*), jour où l'inclinaison du rayon visuel sur le plan de l'orbite était encore très-faible, au lieu d'un secteur étroit on retrouve l'amplitude et la figure du 14 juin. Or la seule figure qui ait pour perspective, sous des points de vue si différents, un secteur d'angle assez peu variable, ce n'est évidemment pas un secteur plan, c'est la surface de révolution engendrée par ce secteur lui-même en tournant autour de son axe, et l'on vérifie aussitôt cette conclusion en la rapprochant des faits observés. La perspective d'une telle surface ne dépend pas, en effet, de l'inclinaison du rayon visuel sur le plan d'un de ses méridiens quelconque, tel que le plan de l'orbite, mais seulement de l'angle de cette ligne visuelle avec l'axe; ainsi cette perspective a dû être sensiblement la même le 14 juin et le 3 juillet, car, dans le premier cas, cet angle était de 53° et dans le second de 50°. De plus le jour du passage de la Terre par le plan de l'orbite, le 30 juin, cet angle se trouvant réduit à 26°, les contours perspectifs en forme de secteur ont dû disparaître, car avec une pareille obliquité il n'existe plus de cylindre circonscrit à la partie conique d'une telle surface. Alors les inégalités d'éclat dans l'épaisseur des parois ou dans l'intérieur du calice, vues à travers une épaisseur énorme de matières éclairées, ont dû déterminer l'aspect rayonné dont les observateurs paraissent avoir été si frappés dans la soirée du 30 juin. On a pu croire alors qu'on assistait à un phénomène tout nouveau, et pourtant du 14 juin ou du 3 juillet au 30 juin, il n'y avait de changé que le point de vue. La forme ordinaire, celle du 14 juin, celle que la comète de Halley a rendue familière

à tous les astronomes, n'a pas tardé à se montrer dans les premiers jours de juillet, comme le montre le dessin du 3 luglio.

» Si l'on considère de plus près l'émission cyathiforme dont les faits viennent de montrer si clairement l'existence, on trouvera que sa perspective doit présenter pour des inclinaisons fort communes de

$$90^{\circ} \pm (10^{\circ}, 20^{\circ}, 30^{\circ}, \ldots),$$

1° un secteur lumineux à bords courbes et convexes en dedans; 2° un arc tangent aux côtés courbes du secteur (1), également convexe à l'intérieur, arc qui sera remplacé, à cause de l'épaisseur des parois, par une zone de lumière plus ou moins large; 3° un peu au delà du secteur, un contour convexe au dehors que l'on prendrait aisément pour une de ces enveloppes concentriques situées ordinairement au delà de l'émission, du côté du Soleil. C'est là précisément ce que donnent l'esquisse théorique des *Comptes rendus* du 9 décembre et le dessin cométaire du 3 juillet; il n'y manque que l'arc ou plutôt la zone interne du secteur qui n'est point indiquée dans ces dessins.

» Mais si l'on veut comparer en détail ces formes théoriques avec les formes observées, il ne faut pas oublier que les premières supposent des surfaces géométriques sans épaisseur, tandis que les secondes proviennent de surfaces d'émission ayant une épaisseur considérable. Secondement, l'émission n'est pas composée de matières homogènes; les différences de densité se font sentir à l'intérieur même du calice qui la limite et qui en forme la partie principale; des portions de ce calice peuvent même manquer totalement ou présenter l'aspect d'une rupture, si l'émission s'interrompt localement. Enfin la nappe conoïdale convexe qui fait suite au calice proprement dit et forme l'origine principale de la queue, cesse d'offrir un contour apparent bien tranché à peu de distance du cercle qui lui sert de sommet du côté du Soleil, parce que sa matière, emportée par la répulsion, se dissémine rapidement sur un grand espace. C'est exactement ce qui se passe dans les nappes coniques ou sphériques de certains jets d'eau très-étalés : à partir d'une certaine zone, ces nappes se décomposent en lambeaux et en gouttelettes, incapables d'offrir un contour régulier et continu.

---

(1) En deux points singuliers où le rayon visuel a un contact du troisième ordre avec la surface.

Il n'est pas moins essentiel de tenir compte de la transparence singulière de toutes les parties de la tête d'une comète, le noyau excepté, et du degré d'éclat que la projection visuelle de ces parties les unes sur les autres peut donner momentanément, selon la force optique de l'instrument employé, aux diverses régions de la figure.

» Un excellent moyen de reproduire matériellement et d'étudier ces détails, consiste à considérer de près la figure d'une lampe à alcool venant frapper un obstacle plan horizontal qui la force à se replier en calice. On y retrouve les détails précédents encore mieux que dans les perspective géométriques que je dois à l'obligeance de M. Dunesme, et que je mets sous les yeux de l'Académie. Ainsi le contour intérieur (ligne de contact du rayon visuel avec la partie non convexe du calice) est large et peu apparent; ainsi les rayons latéraux du secteur se prolongent plus loin et ressortent mieux que dans les épures; ils ressortent même trop, ce qui me semble tenir uniquement à cette circonstance que l'intérieur de la flamme est complétement obscur, tandis que l'intérieur du calice cométaire n'est pas complétement vide (1). On réaliserait une image encore plus frappante mais moins exacte du phénomène céleste, si on renversait une nappe conique de gaz d'éclairage enflammé. La légèreté spécifique du gaz forcerait cette nappe incandescente à se recourber, puis à remonter verticalement, par un jeu tout semblable à celui de la répulsion solaire.

» Toutefois la théorie indique un angle de 108° à l'origine pour le point conique du noyau. A ce compte, les perspectives du 14 juin et du 3 juillet seraient en défaut, car l'angle du rayon visuel avec le rayon vecteur prolongé qui aurait dû dépasser la moitié de cet angle, n'était que de 53° le premier jour et de 50° le deuxième. Mais, d'une part, l'axe de l'émission peut s'écarter notablement de la direction du rayon vecteur; d'autre part, l'angle du cône d'émission n'est qu'une limite statique qui ne saurait répondre complétement à un phénomène de mouvement. Cet angle paraît varier d'une comète à l'autre. Et même il y a lieu de croire que l'émission cyathiforme est légèrement aplatie, non pas, comme les queues, dans le sens perpendiculaire au plan de l'orbite, mais dans le sens du plan de l'orbite. Il serait intéressant d'étudier à ce dernier point de vue, que je me borne à indiquer ici, les figures de la comète de Halley en 1835. Vers le

---

(1) C'est aussi là ce qui fait disparaître l'arc de la perspective de la partie non convexe du calice, arc que je n'ai retrouvé nulle part.

13 octobre, en effet, la Terre a traversé un plan mené par le rayon vecteur perpendiculairement au plan de l'orbite; le secteur paraissait alors moins large que les jours précédents et suivants. Vers la fin de janvier et les premiers jours de février, le rayon visuel faisait avec le rayon vecteur un angle d'environ 45° et plongeait directement dans le fond du calice : par conséquent aucun secteur ne pouvait être vu. J'attribue le prolongement lumineux qu'on voyait alors au noyau, à l'opposite du Soleil, à ce que les parois du calice postérieur (formant un très-petit angle avec le rayon visuel) étaient vues en raccourci à travers de fortes épaisseurs de matières illuminées. Il serait difficile de rencontrer deux comètes qui se soient présentées à nous sous des points de vue et avec des effets de perspective plus différents que celle de Halley en 1835 et celle de l'an dernier, et pourtant les figures si diverses et si variables de ces deux comètes se plient à la même théorie, d'un bout à l'autre de leur apparition (1).

» *Emission conoïdale*, postérieure, opposée au Soleil. — L'esquisse théorique du *Compte rendu* du 9 décembre et le dessin du P. Secchi en donnent ici une idée très-nette. Il serait inutile de reproduire des faits et des raisonnements analogues aux précédents, car on ne saurait douter qu'il ne s'agisse ici d'une surface de révolution (à l'origine) engendrée par une courbe divergeant du noyau, mais ramenée vers l'axe par la répulsion solaire. Quelquefois cette émission n'est caractérisée que par l'espace relativement vide et obscur qu'elle comprend ; sur le dessin du P. Secchi, les bords en sont marqués par un redoublement d'intensité très-visible.

» L'émission conoïdale se prolonge très-loin dans la queue dont elle suit à peu près la courbure générale (2), elle s'élargit de plus en plus et sépare quelquefois la perspective en deux rameaux distincts. D'autres fois ce canal obscur est envahi promptement par les particules de densité et de vitesses diverses qui forment la queue. A l'origine, l'intérieur du conoïde est garanti contre cette invasion par le noyau qui forme une sorte d'écran sur lequel la force répulsive s'épuise. On conçoit d'ailleurs que cette émission dans son entier se voie mieux de face (perpendiculairement au plan de l'orbite) que

---

(1) Quant à la comète de Donati (1858), les couches concentriques, dont il sera question dans la dernière partie de ce Mémoire, avaient pour ainsi dire envahi le calice et demandent une discussion spéciale.

(2) Voir plus loin la preuve que l'axe de cette émission peut former un petit angle à peu près constant avec l'axe de la queue.

de profil. Les deux beaux dessins du 2 et du 10 octobre 1858 de M. Bond (comète de Donati) en offrent un spécimen dont les détails n'ont rien d'embarrassant; ceux du P. Secchi pour la comète de 1861 en donnent aussi une idée fort nette,

» *Direction des axes de ces émissions opposées.* — Bessel a donné une importance extrême à cette question. Dans un travail remarquable dont le Bureau des Longitudes a publié la traduction dans la *Connaissance des Temps*, l'illustre astronome de Kœnigsberg crut avoir démontré que l'émission antérieure de la comète de Halley, en 1835, avait présenté des balancements réguliers dans le plan de l'orbite, de part et d'autre du rayon vecteur, tout à fait analogues aux oscillations d'un pendule de part et d'autre de la verticale. Il en avait même déterminé l'amplitude (60°) et la durée ($4^j,6$). Tel est le fait capital qui sert de base à sa théorie des forces polaires. Considérant en effet qu'un pur phénomène de libration ne pourrait expliquer ces résultats, il s'est trouvé conduit à admettre une force polaire exercée par le Soleil et développant des pôles de nom contraire dans le corps même du noyau. Une telle force devait effectivement avoir une action dirigeante sur le noyau et sur ses appendices, c'est-à-dire déterminer dans ce triple ensemble des oscillations analogues à celles d'une aiguille aimantée qui serait suspendue en face d'un aimant puissant et qu'on aurait écartée de sa position d'équilibre.

» Bien que Bessel se soit exclusivement attaché au secteur lumineux de la comète de Halley, c'est-à-dire à l'émission antérieure, il est évident que les mêmes conclusions s'appliquent à l'émission postérieure; celle-ci doit, dans la théorie de Bessel, osciller comme la première, simultanément et en sens opposé, de même que, dans une aiguille, les deux pôles opposés sont solidaires et exécutent à la fois des mouvements inverses.

» Si ce fait fondamental était vrai, je veux dire si l'on voyait généralement dans les comètes le noyau et ses deux émissions opposées osciller devant le Soleil comme un pendule, il faudrait renoncer à la théorie que je soutiens ici, car on ne voit pas comment il serait possible d'attribuer à la répulsion solaire, telle que je l'ai définie, le rôle d'une force directrice analogue à celle d'un aimant. Mais le fait fondamental que Bessel avait cru observer n'existe pour aucune de ces émissions, et les faits réels, loin de favoriser l'hypothèse d'une force polaire, lui sont radicalement contraires. Nous verrons bientôt jusqu'à quel point les mêmes faits s'accordent avec la théorie de la répulsion solaire.

» Et d'abord l'émission antérieure de la comète de Donati, dont on a mesuré avec soin l'angle de position à Altona, à Dorpat et à Poulkowa par des méthodes diverses, n'a montré aucune trace d'oscillation régulière. Les mesures prouvent que cette émission se déplace, mais elle n'oscille pas à la manière d'un pendule de part et d'autre du rayon vecteur, comme le voulait Bessel. Voici, pour faire apprécier la négation radicale que ces mesures établissent, un simple extrait des observations citées :

		Altona.	Dorpat.	Poulkowa.
Septembre 20	$p - p_0 =$	+ 30°.39′	+ 32°.56′	
21		+ 45.44	+ 33.28	
22		+ 0.57	+ 35.42	
28		— 2.10	+ 26.2	
29		+ 33.49	+ 28.2	
30		+ 7.8	+ 31.12	+ 0.48
Octobre 1		— 15.11		
2		— 9.21		
4		+ 16.40		
5		— 11.33		
6		— 8.38	+ 14.31	
7		+ 7.33	+ 27.0	+ 0.12
8		+ 10.40	+ 12.14	— 14.30
9		+ 1.50	+ 7.33	— 10.48
10		— 2.11	+ 25.30	
13			+ 28.44	— 17.30

» Aucune de ces séries ne confirme le fait admis par Bessel; elles nous prouvent en outre que les habiles astronomes à qui nous les devons n'ont pas toujours observé la même chose, car les discordances de leurs mesures ne permettent pas d'autre supposition. C'est une confirmation frappante des objections qu'Arago opposait à Bessel avec tant de force et de raison (1).

(1) *Astronomie populaire*, t. II, p. 396. Veut-on l'opinion actuelle d'un excellent juge en ces matières? Je citerai le passage suivant d'un Mémoire récent de l'Académie de Saint-Pétersbourg, dont je dois la communication à la libéralité du Directeur de l'Observatoire central de Russie : « En 1835, dit M. le Dr Winnecke, Bessel avait remarqué des variations frappantes dans la direction de l'émission lumineuse de la comète de Halley, et il montra qu'elles pourraient s'expliquer par l'oscillation pendulaire du noyau de part et d'autre du rayon vecteur. De-

» Le rapprochement précédent risquerait de déconsidérer ce genre de mesures, si je ne me hâtais de dire que l'objet observé dans la comète de Donati n'était pas véritablement un secteur (perspective de l'émission cyathiforme), mais une des enveloppes du noyau.

» Ainsi, la seule conclusion qu'il soit permis de tirer jusqu'ici de tous les faits connus, c'est que cette émission antérieure n'affecte pas une direction constante; elle s'écarte tantôt plus, tantôt moins de la direction du Soleil, mais elle n'oscille pas régulièrement et à des intervalles égaux de part et d'autre du rayon vecteur, à la manière d'une aiguille aimantée.

» Passons à d'autres arguments non moins décisifs. L'émission postérieure, qui devrait suivre la première et en répéter fidèlement les mouvements, affecte au contraire une direction constante. Voici quelques-unes des mesures qui le prouvent pour la comète de Donati :

			Altona.	Dorpat.
Septembre	28	$p - p_0 =$	$+ 2^\circ.35'$	
	29			$+ 4^\circ.10'$
Octobre	1		$+ 3.8$	
	6		$+ 5.22$	$+ 8.57$
	7		$+ 9.33$	$+ 4.1$
	9		$+ 6.50$	$+ 9.28$
	12		$+ 7.53$	$+ 7.28$

» Ici plus de différences systématiques entre les observations d'Altona et de Dorpat; ces séries s'accordent dans la limite des erreurs accidentelles

---

puis on a présenté çà et là ces idées comme ayant la valeur d'une démonstration irrécusable, et pourtant il n'a pas manqué de voix imposantes pour protester contre la valeur probante attribuée à ces observations. Un examen attentif des faits observés à cette époque en différents lieux m'a confirmé dans ces doutes; d'ailleurs, en pesant avec soin les termes dont Bessel se sert à ce sujet (p. 196 des *Ast. N.*, vol. XIII), on s'aperçoit qu'il était loin lui-même d'attribuer à ses observations la force démonstrative qu'il semble admettre dans d'autres passages. Je n'ai pas l'intention de reprendre ici la discussion de toutes les observations faites à cette époque sur la comète de Halley; il me suffira de remarquer que les objections auxquelles donnent lieu les mesures de l'orientation de l'axe des secteurs de la comète de Donati comptent également, et même avec plus de force, contre les mesures analogues de la comète de Halley. » (*Mémoires de l'Académie de Saint-Petersbourg*, 7e série, t. II, n° 1, p. 42.)

inhérentes à ces déterminations délicates. On est donc autorisé à combiner les deux séries dans leur entier, et on en déduit, pour les angles réduits au plan de l'orbite (1) :

Du 17 au 21 septembre	$u - u_0 = + 6^\circ.9'$	par 3 observ.	
Du 23 au 28 septembre	+ 5.46	5	
Du 29 septembre au 4 octobre	+ 6.45	6	passage au périhélie le 30 septembre.
Du 5 au 7 octobre	+ 7.32	5	
Du 8 au 10 octobre	+ 7.32	4	
Du 12 au 14 octobre	+ 8.38	3	

et il en résulte une déviation moyenne presque constante de 7° pendant la durée d'un mois (2).

» Ainsi, l'émission postérieure ne présente aucune trace d'oscillation pendulaire; elle affecte seulement une direction légèrement inclinée sur le rayon vecteur, *en arrière du mouvement de l'astre*. Les choses se sont passées de même pour la dernière comète, sauf la grandeur de la déviation à laquelle le P. Secchi assigne des valeurs énormes, $p - p_0 = + 46^\circ$ pour le 1er juillet et + 52° pour le 2. Mais en remontant aux observations originales, on trouve 18° pour l'angle de position du Soleil, 208° pour celui de l'axe du canal obscur : or l'auteur a comparé cette dernière direction au supplément du premier angle, c'est-à-dire à $180^\circ - 18 = 162^\circ$, pour avoir l'angle apparent du rayon vecteur prolongé avec l'axe du canal obscur, tandis qu'il faudrait prendre, si je ne me trompe, $180^\circ + 18$ ou 198°, ce qui donne + 10° seulement de déviation. De même pour le jour suivant (3).

(1) *Astron. Nachr.*, n° 1173, p. 330. J'ai défalqué, des moyennes de M. Pape, les mesures de M. Winnecke, de Poulkowa, qui se rapportent non à l'axe du canal obscur, mais à celui de la queue.

(2) Il est très-intéressant de comparer cette direction avec celle de l'axe de la queue à l'origine. M. le Dr Winnecke a trouvé que celle-ci était, pendant le même laps de temps, sensiblement constante, et en moyenne de 3°46'. Ces deux déviations, dans le même sens, sont dues à la même cause, bien que l'une soit à peu près le double de l'autre. La différence tient aux *inégales* densités des matières provenant de régions différentes de la tête et à la différence des chemins parcourus.

(3) *Osservazioni e Ricerche astr. sulla grande cometa del giugno* 1861, p. 62.

» Voilà donc un ensemble de faits bien constatés : comparons-les à la théorie, et d'abord à celle de Bessel. En appliquant à cette déviation la formule

$$\tang\varphi = g\sin G\left[\frac{r\sqrt{2}}{\sqrt{1-\mu}\sqrt{\xi}} - \frac{4re\sin\varphi}{3(1-\mu)\sqrt{p}}\right] + \frac{2\sqrt{2p}}{3r}\cdot\frac{\sqrt{\xi}}{\sqrt{1-\mu}},$$

que Bessel a donnée pour la corde menée du noyau à un point quelconque de la queue, corde définie par son angle φ avec le rayon vecteur et sa projection ξ sur le même rayon, M. Pape a conclu, dans son remarquable Mémoire du mois de décembre 1858, que du 17 septembre au 14 octobre la répulsion solaire μ a toujours eu la même intensité. Comme il s'agit ici de l'axe de la queue, le facteur $g\sin G$ doit être considéré comme nul, ce qui réduit l'expression de $\tang\varphi$ à son dernier terme. Or il est aisé de voir que pour la corde à l'origine, c'est-à-dire pour la première tangente, cette formule donne $\varphi=0$, puisque ξ, projection de la corde sur l'axe, se réduit ici théoriquement à un élément infiniment petit de la courbe. Ainsi dans la théorie de Bessel, fondée sur une notion erronée de la répulsion solaire, la queue devrait être tangente au rayon vecteur; cette théorie ne peut donc expliquer l'angle observé entre la tangente à l'origine et ce rayon. On ne saurait d'ailleurs objecter à ce raisonnement qu'il s'agit ici d'une région exclue par Bessel lui-même comme trop voisine du noyau, car l'attraction du noyau ne saurait dévier les particules qui s'en échappent dans le sens du premier élément de l'axe curviligne de la queue.

» Dans notre théorie, au contraire, cet angle est possible et même nécessaire, ainsi que je l'ai plusieurs fois expliqué, car la force répulsive se décomposant suivant la tangente à l'orbite et suivant le rayon vecteur, la composante radiale imprime à la molécule déjà séparée du noyau un petit déplacement modifié par l'attraction du Soleil et celle du noyau, tandis que la composante tangentielle produit seule un autre déplacement en sens contraire du mouvement de l'astre. Si le premier était dû à la seule force radiale, le rapport de ces déplacements répondrait à l'angle d'aberration actuel; mais à cause de l'attraction contraire du Soleil et surtout du noyau, lequel agit encore sur la molécule bien qu'elle ne fasse plus corps avec lui, ce rapport peut déterminer une déviation beaucoup plus sensible; et comme les parois de l'émission conoïdale se trouvent peu inclinées sur la direction de la force répulsive, cet angle ne subira que de faibles variations. »

ASTRONOMIE. — *Remarques sur les idées émises par* M. Le Verrier *relativement à la constitution de notre système planétaire ; par* M. **Delaunay**.

« Je n'aurais pas pris la parole sur ce sujet, si M. Le Verrier ne m'y avait pour ainsi dire obligé, en persistant à présenter les choses sous un jour qui ne me paraît pas conforme à la vérité. J'ai montré récemment que l'accroissement de 38″ attribué par lui au mouvement séculaire du périhélie de Mercure n'est autre chose qu'une équation empirique, ajoutée aux inégalités qu'il avait déduites de la théorie, dans le but de faire disparaître le désaccord qui subsistait entre ses résultats théoriques et l'observation. M. Le Verrier n'a rien trouvé à répondre à la Note que j'ai insérée à ce sujet dans le *Compte rendu* de la séance du 25 novembre dernier ; et cependant il continue à parler de cet accroissement du mouvement du périhélie de Mercure, comme d'un fait que les observations donnent directement, et dont l'existence ne peut être contestée ; puis il part de ce fait, et d'un autre analogue relatif à la planète Mars, pour établir l'existence de divers anneaux d'astéroïdes circulant autour du Soleil, à diverses distances de cet astre. Les conclusions auxquelles il arrive ainsi ne me semblent pas avoir le caractère de certitude, ou au moins de grande probabilité, avec lequel M. Le Verrier les présente. Ses raisonnements en effet ne reposent sur rien de solide, comme il va m'être facile de le montrer.

» M. Le Verrier, après avoir effectué une nouvelle détermination théorique des inégalités du mouvement de Mercure autour du Soleil, en a déduit des Tables du mouvement de cette planète. Malgré tous ses efforts, ces Tables théoriques ne s'accordaient pas complétement avec les observations dont il disposait ; et il a trouvé qu'il pouvait faire disparaître le désaccord en augmentant de 38″ le mouvement séculaire du périhélie de Mercure. Voilà le fait. Que faudrait-il pour qu'on pût regarder l'équation empirique ainsi introduite comme étant l'expression de la réalité, c'est-à-dire comme représentant un phénomène réel qui se serait manifesté par la comparaison des Tables théoriques avec les observations ? Il faudrait d'abord que l'on fût assuré que les recherches théoriques de M. Le Verrier et les Tables qu'il en a déduites ne laissent absolument rien à désirer ; il faudrait ensuite qu'il fût bien établi qu'il n'y a pas d'autre moyen de faire disparaître le désaccord, entre ces Tables théoriques reconnues parfaites et les résultats d'observation, que d'accroître le mouvement séculaire du périhélie de la planète.

» Sur le premier point, il nous sera bien permis de conserver quelques doutes, malgré l'assurance avec laquelle M. Le Verrier dit : « Il reste acquis » aujourd'hui qu'il n'est pas possible de représenter toutes les observations » faites sur le système des quatre planètes inférieures, en ne tenant compte » que de leurs actions mutuelles et de celles du Soleil. » (*Voir* plus haut, page 30). Je veux bien admettre que M. Le Verrier a mis un soin extrême à ses recherches théoriques et à tous les calculs nécessaires pour arriver jusqu'à l'établissement des Tables qui en sont résultées ; mais enfin nous savons bien que personne n'est infaillible. Des savants d'un très-grand mérite s'étaient occupés avant lui de la même question ; ils avaient aussi fait tous leurs efforts pour atteindre le but qu'ils avaient en vue : et cependant M. Le Verrier a trouvé que les résultats auxquels ils sont parvenus étaient susceptibles d'être améliorés. Qui peut nous assurer que d'autres, venant après M. Le Verrier, et profitant des nouveaux pas qu'il a fait faire à la question, ne trouveront pas encore quelque chose à glaner après lui ? Dans des questions aussi compliquées que celle dont il s'agit ici, c'est à peine si l'on peut se regarder comme certain de l'exactitude des résultats obtenus, même après que d'autres savants les ont retrouvés par de nouvelles recherches complétement indépendantes des premières.

» Quant au second point, les doutes ne sont pas moins naturels. Les Tables purement théoriques construites par M. Le Verrier ne présentaient avec les observations que de très-petites différences, puisque, pour les faire disparaître, il a suffi d'ajouter 38″ au déplacement théorique du périhélie de Mercure pendant tout un siècle, c'est-à-dire pendant que la planète fait 415 révolutions autour du Soleil ; c'est 0″,09 par révolution. Qui ne voit que, en raison de la petitesse de ces différences, les erreurs des observations auxquelles on compare les Tables prennent une importance relative très-grande ; d'où résulte que la recherche de la loi que suivent les corrections à faire aux lieux fournis par les Tables présente une véritable indétermination ? L'accroissement attribué au mouvement du périhélie est une des formes de l'équation empirique que l'on peut employer pour ramener les différences entre la théorie et l'observation à être renfermées entre les limites d'erreurs que les observations comportent ; c'est même probablement la forme la plus simple qu'on puisse lui attribuer pour cela : mais ce n'est certainement pas la seule qui permette d'y arriver. Quel motif aurions-nous donc pour croire que cette forme de l'équation empirique est la représentation exacte de la différence existant entre les phénomènes réels et les Tables supposées parfaites ?

» Je ne trouve pas mauvais que M. Le Verrier cherche à imaginer la cause capable de produire les accroissements qu'il a été conduit à donner au mouvement du périhélie de certaines planètes. Quand on a consacré un long temps à faire un travail considérable tel que la théorie des mouvements des quatre planètes les plus voisines du Soleil ; quand, malgré tous ses efforts, on n'est pas parvenu à obtenir un accord aussi complet qu'on pouvait le désirer entre les résultats de la théorie et ceux qu'a fournis l'observation, il est bien naturel qu'on cherche à pénétrer dans l'avenir, et à voir quelles conséquences pourront découler un jour de l'existence de la différence trouvée, s'il arrive que l'on constate que cette différence existe bien réellement et sous la forme sous laquelle on l'a obtenue tout d'abord. Mais, malgré tout l'intérêt que peuvent présenter de semblables recherches, on doit éviter de leur donner un caractère autre que celui de simples conjectures. Elles ne peuvent apporter aucune nouvelle pierre à l'édifice de la science, tant que la base hypothétique sur laquelle elles reposent n'a pas été définitivement rangée parmi les faits acquis.

» Puisque j'ai été amené à parler des idées émises par M. Le Verrier sur la constitution de notre système planétaire, j'en profiterai pour dire quelques mots d'un singulier résultat qu'il a déduit de ses formules il y a vingt-deux ans, résultat que le temps de la réflexion ne lui a pas fait modifier, puisque seize ans plus tard il le reproduisait dans les *Annales de l'Observatoire*, sans y apporter aucune atténuation ni restriction. Voici ce dont il s'agit.

» Dans un Mémoire *sur les inclinaisons respectives des orbites de Jupiter, Saturne et Uranus* (*Journal de M. Liouville*, année 1840, p. 95), M. Le Verrier examine en particulier ce qui arriverait à une petite planète soumise aux actions perturbatrices des grosses planètes Jupiter et Saturne, et circulant autour du Soleil à une distance moindre que celle de Jupiter. Il trouve que, si la distance de cette petite planète au Soleil est convenablement choisie, l'inclinaison de son orbite sur celle de Jupiter, tout en ayant été primitivement très-petite, peut grandir considérablement, *et cela d'autant plus que la masse de la planète troublée est supposée plus petite.* Puis il remarque que les planètes dont les demi grands axes approchent le plus de satisfaire à la condition indiquée pour cela, sont celles dont les masses sont les plus petites, et qu'il se trouve précisément que leurs inclinaisons sur l'orbite de Jupiter sont considérables (ces planètes sont Cérès, Pallas, Junon et Vesta, les

seules petites planètes connues à cette époque). M. Le Verrier ajoute ensuite : « Entre Vénus et le Soleil il existe une autre étendue où, en vertu » des actions perturbatrices de Vénus et de la Terre, les inclinaisons d'une » petite masse pourraient grandir considérablement. Mercure se trouve » placé à l'une des extrémités de cette étendue, et ses inclinaisons sont » considérables. »

» Cette conséquence que M. Le Verrier a tirée de ses formules n'est pas restée inaperçue. Non-seulement on l'a remarquée, mais on y a vu le point capital du Mémoire où elle se trouve énoncée. La notion qui en résultait pour la constitution de notre système planétaire a même été vulgarisée, et on l'a caractérisée par une expression à la fois pittoresque et significative. Je me souviens d'avoir entendu parler plusieurs fois, même dans cette enceinte, de la *région ravagée découverte par M. Le Verrier entre Mars et Jupiter*. Plus tard, lorsque M. Le Verrier s'est occupé de donner dans les *Annales de l'Observatoire* une seconde édition de ses diverses publications scientifiques, il a reproduit les assertions contenues dans son Mémoire de 1840, sans y changer un seul mot (*voir* les *Annales*, t. II, p. 165, et surtout les Additions placées à la fin de ce volume, page [34]).

» Voyons ce que l'on doit penser de tout cela. Quand on examine la chose de près, il paraît d'abord bien extraordinaire que l'inclinaison de la petite planète considérée puisse grandir d'autant plus que sa masse sera moindre. Autant vaudrait dire que la chute d'une pierre à la surface de la Terre est d'autant plus rapide que cette pierre est plus petite. Les perturbations qu'éprouve une petite planète de la part des grosses planètes de notre système sont indépendantes de sa masse, de même que la chute des corps à la surface de la Terre (dans le vide, bien entendu,) présente des circonstances identiques quelles que soient les masses de ces corps. Il faut donc qu'il y ait quelque méprise dans les raisonnements de M. Le Verrier; il y en a une en effet, et il ne me sera pas difficile de faire comprendre la cause de l'erreur dans laquelle il est tombé.

» Pour étudier les variations séculaires des inclinaisons mutuelles des orbites de trois planètes, M. Le Verrier est parti des équations différentielles établies par Laplace dans la *Mécanique céleste*. Pour obtenir ces équations, on conçoit que la fonction perturbatrice soit développée suivant les puissances croissantes des inclinaisons des planètes sur un plan fixe, inclinaisons que l'on suppose petites, et on ne conserve que les termes qui sont du premier ordre par rapport à ces inclinaisons. En opérant ainsi, c'est-à-dire

en négligeant toutes les quantités d'un ordre supérieur au premier, on sait bien qu'on ne fait qu'une approximation. Les parties principales des quantités qui multiplient les premières puissances des inclinaisons dans les équations différentielles peuvent seules contribuer à produire les résultats approximatifs que l'on se propose d'obtenir à l'aide de ces équations. Les petites quantités qui accompagnent ces parties principales ne peuvent avoir sur les résultats qu'une influence insignifiante, souvent plus petite que celle des termes du second ordre et des ordres supérieurs que l'on a négligés. Or c'est en s'arrangeant de manière que les parties principales dont je viens de parler se détruisent mutuellement, pour laisser la prépondérance aux parties accessoires, que M. Le Verrier a été conduit au résultat singulier dont je veux montrer l'inexactitude : il a employé ses formules dans un cas où elles ne peuvent donner rien de bon. En d'autres termes, M. Le Verrier a considéré un cas particulier dans lequel l'ensemble des termes du premier ordre, conservés seuls dans les équations différentielles, devient très-petit dans une certaine combinaison de ces équations, et cela par une cause autre que la petitesse des inclinaisons elles-mêmes ; dès lors, comme il n'est nullement prouvé que cette cause influe de même sur les termes d'un ordre supérieur qu'on a négligés, ces termes d'ordre supérieur acquièrent une influence prépondérante sur celle des termes du premier ordre pris seuls, et par suite le résultat obtenu en se contentant de ces termes du premier ordre n'a plus la moindre signification. M. Le Verrier ajoute, il est vrai, ceci : « On doit, » au reste, remarquer que ce résultat ne prouve pas du tout que la petite » planète atteindrait réellement les très-grandes inclinaisons qu'on obtien- » drait ainsi ; mais il montre qu'il y a des cas où l'on ne devrait point, » malgré la petitesse primitive des inclinaisons, calculer leurs inégalités » séculaires en se bornant aux termes du premier ordre. » Ce qui veut dire évidemment : les termes du premier ordre considérés seuls montrent que l'inclinaison de la petite planète grandira ; donc le développement suivant les puissances de cette inclinaison n'est pas assez convergent pour que l'on puisse se contenter de garder les termes du premier ordre seuls pour calculer la valeur que cette inclinaison peut atteindre. Et moi je dis, au contraire : les termes du premier ordre considérés seuls ne montrent pas du tout que l'inclinaison de la petite planète grandira, parce que l'on se place dans un cas exceptionnel où l'influence de ces termes du premier ordre est complétement masquée par celle des termes des ordres supérieurs que l'on a négligés. Entre ces deux manières de présenter les choses, il y a évidemment

un abîme. Il résulte de tout cela que les formules de M. Le Verrier ne prouvent en aucune manière l'existence d'une *région ravagée* entre Mars et Jupiter, pas plus qu'entre Vénus et le Soleil.

» En soumettant à l'Académie les remarques qui précèdent, je n'ai fait qu'accomplir un devoir. Nous sommes réunis ici pour nous occuper de la découverte de la vérité. Nous devons, chacun dans notre spécialité, veiller à ce qu'il ne se dise devant l'Académie rien qui soit de nature à altérer le vrai caractère des recherches et des résultats dont on lui présente l'exposé. Plus un savant acquiert d'autorité par l'importance et la valeur de ses travaux, plus il doit être circonspect dans l'énoncé des conséquences qu'il croit pouvoir en tirer. Il faut que nous songions à la foule de jeunes savants qui viennent après nous, que nous leur montrions franchement et nettement l'état exact où nous avons amené les questions dont nous nous sommes occupés; il faut que nous leur ouvrions complétement la route des découvertes ultérieures, en la débarrassant de tout ce qui pourrait les empêcher de voir au grand jour ce qui est fait et ce qui reste à faire. Si quelqu'un d'entre nous croit s'apercevoir que, dans certaines communications, ces règles de sagesse scientifique ne sont pas scrupuleusement observées; si, dans la publication de certains travaux, il croit découvrir des inexactitudes qui pourraient nuire au développement ultérieur de la science, il doit le dire nettement et faire ses efforts pour ramener les choses à leur véritable point de vue. C'est ce motif seul qui m'a déterminé à prendre la parole aujourd'hui. »

Remarques de M. Le Verrier *à l'occasion de la précédente Communication.*

« M. Le Verrier a déjà exposé à l'Académie qu'il ne se croirait pas obligé de répondre désormais à des attaques qui deviennent *systématiques*.

» S'il plaît à quelqu'un de dire qu'une théorie *peut* n'être pas juste, mais sans apporter aucune raison quelconque à l'appui, une objection si banale, qu'on pourrait opposer à priori à tout travail scientifique, ne tombe-t-elle pas d'elle-même?

» S'il plaît à quelqu'un d'appeler *empirique* un résultat tiré des observations, faut-il donc le suivre dans une discussion de mots et classer les sciences d'observation, la physique, la chimie et autres dans l'*empirisme?*

» Et d'un autre côté, si tout à coup, au milieu de la discussion et sans

autre motif que d'en dissimuler le vide, on reprend une autre question relative aux inclinaisons des orbites, qui fut débattue et résolue l'an dernier devant l'Académie, faut-il donc recommencer des réponses et des répliques sans fin ?

» M. Le Verrier ne le croit pas utile.

» Toutefois, comme les lecteurs du *Compte rendu* n'ont pas entre les mains les *Annales de l'Observatoire*, et que par des citations tronquées on altère le sens et la portée des articles qu'on incrimine, M. Le Verrier demande à ses confrères la permission de reproduire ces articles en leur entier. Il donnera aujourd'hui les conclusions de la théorie de Mercure. Ceux qui voudront bien les lire trouveront peut-être que la *simplicité* de ces exposés ne les rendrait pas indignes de servir d'exemple, sous ce rapport, aux jeunes astronomes.

EXTRAIT DE LA THÉORIE DE MERCURE (1).

(*Recherches astronomiques*, Chap. XV, Section IV. — *Annales de l'Observatoire*, Tome V.)

« Soient δv et δs les corrections de la longitude et de la latitude héliocentrique de Mercure ; $\delta\odot$ la correction de la longitude du Soleil ; δc la correction de la distance des centres des deux astres au moment d'un contact interne.

» La discussion des passages de la planète sur le Soleil nous fournit, entre ces correction inconnues et les données des observations, diverses équations de condition auxquelles nous arrivons à la page 74 (*Annales*, t. V), et que nous reproduisons ici, comme étant le point de départ.

Equations de condition déduites des passages observés en novembre.

ÉPOQUES.	ENTRÉE.	SORTIE.
1677,85	$0,46(\delta v-\delta\odot)-0,06\delta s+\delta c+3'',16=0$	$0,43(\delta v-\delta\odot)+0,18\delta s-\delta c-4'',59=0$
1697,84		$0,39(\delta v-\delta\odot)-0,26\delta s-\delta c+0,45=0$
1723,85	$0,45(\delta v-\delta\odot)-0,10\delta s+\delta c-0,86=0$	
1736,86	$0,28(\delta v-\delta\odot)-0,37\delta s+\delta c+0,75=0$	$0,16(\delta v-\delta\odot)+0,43\delta s-\delta c+0,13=0$
1743,84	$0,34(\delta v-\delta\odot)+0,32\delta s+\delta c-0,01=0$	$0,42(\delta v-\delta\odot)-0,20\delta s-\delta c+0,92=0$
1769,85	$0,44(\delta v-\delta\odot)-0,15\delta s+\delta c+0,99=0$	
1782,86	$0,17(\delta v-\delta\odot)-0,45\delta s+\delta c-0,92=0$	$0,03(\delta v-\delta\odot)+0,46\delta s-\delta c+0,23=0$
1789,84	$0,38(\delta v-\delta\odot)+0,27\delta s+\delta c+1,81=0$	$0,44(\delta v-\delta\odot)-0,15\delta s-\delta c+0,97=0$
1802,85		$0,46(\delta v-\delta\odot)+0,10\delta s-\delta c+1,47=0$
1848,86	$0,46(\delta v-\delta\odot)-0,01\delta s+\delta c+2,27=0$	

(1) Pour ne pas abuser de la permission que nous a accordée l'Académie de donner à nos

Equations de condition déduites des passages observés en mai.

ÉPOQUES.		
1661,33	$0,81(\delta v - \delta\odot) - 0,18\delta s + 12'',7 = 0$	Observation des positions successives de Mercure, faites à la chambre obscure par Hévélius.

	ENTRÉE.	SORTIE.
1753,34		$0,77(\delta v - \delta\odot) - 0,27\delta s - \delta c + 12'',05 = 0$
1786,34	$0,45(\delta v - \delta\odot) - 0,70\delta s + \delta c + 4'',84 = 0$	$0,65(\delta v - \delta\odot) + 0,47\delta s - \delta c + 5,11 = 0$
1799,34	$0,80(\delta v - \delta\odot) + 0,16\delta s + \delta c + 5,65 = 0$	$0,69(\delta v - \delta\odot) - 0,43\delta s - \delta c + 3,83 = 0$
1832,34	$0,61(\delta v - \delta\odot) - 0,53\delta s + \delta c + 0,17 = 0$	$0,77(\delta v - \delta\odot) + 0,28\delta s - \delta c - 0,58 = 0$
1845,35	$0,74(\delta v - \delta\odot) + 0,34\delta s + \delta c - 1,03 = 0$	

» J'expose ici qu'en raison de considérations particulières aux observations de 1661 et 1677, qui doivent les rendre suspectes, il convient de laisser de côté ces observations; et je poursuis ainsi :

» Laissant donc de côté les observations de 1661 et 1677, on remarquera, dès l'abord, que les observations des passages par le nœud ascendant (novembre) ne donnent lieu qu'à de faibles erreurs : tandis que les passages par le nœud descendant (mai) donnent lieu à une erreur de 12″, 05 en 1753, et qui, diminuant à peu près régulièrement à mesure que le temps augmente, se réduit à — 1″, 03 en 1845.

» Ces *treize* secondes de variation, en 92 années, demandent à être prises en sérieuse considération, en raison de l'exactitude du mode d'observation dont elles résultent. Elles ne sauraient en effet être attribuées aux incertitudes des observations des passages, puisqu'il faudrait supposer que tous les astronomes auraient commis des inexactitudes considérables dans la mesure des temps des contacts : ces inexactitudes devraient en outre varier d'une manière progressive avec le temps, et différer de plusieurs minutes aux extrémités de la période de 92 ans. Circonstances tout à fait inadmissibles!

» Cela étant, on aperçoit qu'on ne parviendra à détruire les erreurs signalées dans les passages de mai, sans en introduire dans les passages de novembre, qu'en modifiant les valeurs attribuées aux parties proportionnelles aux temps de deux des éléments de l'orbite. Les deux corrections devront

---

extraits toute l'étendue que nous croirions utile, nous devrons remplacer les pages les moins importantes par quelques transitions qu'on distinguera en ce qu'elles seront composées en petit texte.

se détruire à peu près dans les passages de novembre, tandis qu'en s'ajoutant elles rendront raison des écarts observés dans les passages du mois de mai. La considération du mouvement du nœud ne peut dès lors servir à résoudre la question : l'erreur de la longitude du nœud influe sur le calcul des temps des passages d'une manière toute différente, suivant la latitude de la planète. . . . .

» La longitude moyenne, l'excentricité et le périhélie sont donc les principaux éléments dont nous allons avoir à étudier les variations. Il convient de le faire d'abord d'une manière approximative, qui ne laissera pas de fournir immédiatement une très-grande exactitude.

» Les passages de novembre ayant tous lieu dans les environs du nœud ascendant, la correction de la longitude peut, pour ces passages et dans une première approximation, être considérée comme variant proportionnellement avec le temps. Nous poserons donc

$$\delta v = a + bt,$$

a et b étant deux constantes liées aux corrections $\delta\varepsilon$, δe et $\delta\varpi$ de la longitude moyenne de l'époque, de l'excentricité et de la longitude du périhélie, ainsi qu'aux variations annuelles δn, e' et π' de ces quantités, par les formules

$$1,492\,\delta\varepsilon - 1,044\,\delta e - 0,492\,\delta\varpi = a,$$
$$1,492\,\delta n - 1,044\,e' - 0,492\,\varpi' = b.$$

Les coefficients numériques qui entrent dans ces relations ont les valeurs qui conviennent, en moyenne, aux époques des passages qu'il s'agit de discuter.

» En remplaçant δv par l'expression $a + bt$, dans les conditions relatives aux passages de novembre, négligeant les corrections $\delta\odot$ et δc, et tirant de ces conditions les valeurs de a et de b, on obtient

$$a = -4'',43, \qquad b = -0'',0310;$$

par là, les résidus des équations (excès du calcul sur l'observation) deviennent

1697	S	$+0'',56$	1743	E	$-0'',44$	1789	E	$+0'',77$
1723	E	$-1,08$		S	$+0,47$		S	$-0,10$
1736	E	$+0,54$	1769	E	$+0,18$	1802	S	$+0,09$
	S	$-0,06$	1782	E	$-1,20$	1848	E	$+0,25$
				S	$+0,02$			

» Lors des passages par le nœud descendant, nous poserons pareillement

$$\delta v = a' + b't,$$

a' et b' étant liées aux mêmes corrections des éléments que ci-dessus, par les formules

$$0{,}712\,\delta\varepsilon + 0{,}916\,\delta e + 0{,}284\,\delta\varpi = a',$$
$$0{,}712\,\delta n + 0{,}916\,e' + 0{,}284\,\varpi' = b';$$

et nous en conclurons

$$a' = 3'',22, \qquad b' = +0'',1884.$$

Les résidus des équations correspondantes deviennent alors

1753	S	+ 0″,07		1832	E	+ 0″,08
1786	E	+ 0,11			S	− 0,67
	S	− 0,06		1845	E	+ 0,60
1799	E	+ 0,71				
	S	− 0,82				

Les erreurs notables qui existaient ont, comme on le voit, complétement disparu.

» Connaissant les valeurs de a et a', on peut éliminer $\delta\varepsilon$ entre les équations dont ces quantités sont les seconds membres. On tombe ainsi sur la relation

$$2{,}72\,\delta e + \delta\varpi = +10'',27.$$

Semblablement on tire, par l'élimination de δn entre les équations dont les seconds membres sont égaux à b et b',

$$2{,}72\,e' + \varpi' = +0'',392,$$

On voit donc que la discussion des observations des passages de la planete sur le Soleil fournira une relation précise entre l'excentricité et la longitude du périhélie; mais que pour déterminer l'un de ces deux éléments, il sera indispensable de recourir à l'emploi des observations méridiennes.

» Le mouvement annuel $2{,}72\,e' + \varpi' = +0'',392$ doit fixer notre attention; cette quantité étant essentiellement liée aux valeurs admises pour les masses des planètes. Les variations séculaires de l'excentricité et du périhélie de Mercure ont été calculées en attribuant aux masses des planètes les

valeurs fournies par des considérations étrangères à la théorie de Mercure, mais qu'on avait lieu de croire fort exactes. On pouvait donc espérer que la discussion des observations de Mercure confirmerait simplement les recherches antérieures. Or il n'en est rien : nous voyons ici que le triple environ du mouvement séculaire de l'excentricité, ajouté au mouvement séculaire du périhélie, donne une somme que les observations font plus grande de 39″ que celle qui résulte du calcul. La partie de cette somme, due à l'action de Vénus, est égale à 288″, par le calcul fondé sur la valeur 0,000 002 488 5 de la masse : et en conséquence, pour faire concorder la théorie avec les observations de Mercure, on devrait augmenter la masse, reçue pour Vénus, de près de *un septième* de sa valeur !

» Avant de poursuivre cet examen, il est nécessaire de porter dans la discussion des équations de condition une plus grande rigueur. La connaissance de la nature du résultat final, que nous venons d'acquérir, nous permettra de nous diriger d'une manière utile.

» Considérons l'une des équations de condition

$$A\delta v + B\delta s \pm \delta c - A\delta\odot + K = 0,$$

δc étant affecté du signe supérieur ou du signe inférieur, suivant que l'équation correspond à l'entrée ou à la sortie de la planète.

» L'erreur très-petite qui peut exister sur l'inclinaison du plan de l'orbite, n'a aucune influence sur le calcul de la latitude, au moment d'un passage qui se produit toujours près de l'un des nœuds. On a dans ce cas, fort simplement, $\delta s = \pm \tang \varphi (\delta v - \delta\theta)$, et ainsi l'équation qu'il s'agit de développer, devient

$$(A \pm 0,122 B)\delta v \mp 0,122 B \delta\theta \pm \delta c - A\delta\odot + K = 0.$$

Les deux premiers doubles signes sont relatifs aux passages par le nœud ascendant ou par le nœud descendant, et le troisième se rapporte à l'entrée ou à la sortie, comme il a été dit.

» δv dépend des corrections $\delta\varepsilon$, δn, δe et $\delta\varpi$ des éléments du mouvement de Mercure dans son orbite. $\delta\odot$ dépend des corrections correspondantes des éléments du mouvement du Soleil, corrections que nous désignerons par $\delta\varepsilon''$, $\delta n''$, $\delta e''$ et $\delta\varpi''$.

» D'un autre côté, la valeur adoptée pour la masse de Vénus influe de plusieurs manières. Elle entre dans les expressions des variations séculaires de e, ϖ, θ, e'' et ϖ'' : elle se retrouve dans les perturbations périodiques de

la longitude de Mercure et de la longitude du Soleil. La discussion préliminaire, à laquelle nous nous sommes livrés, montre qu'il ne faut pas confondre toutes ces actions en une seule.

» Les corrections e' et ϖ' des mouvements annuels de l'excentricité et du périhélie de Mercure seront traitées comme deux inconnues immédiates et distinctes, indépendamment de toute considération de la cause qui peut les rendre nécessaires. Nous savons déjà que cela suffira pour satisfaire convenablement à toutes les équations. Mais, lorsqu'en vertu des valeurs ainsi trouvées pour e' et ϖ', on viendra à se demander s'il est effectivement nécessaire d'augmenter notablement la masse de Vénus, il importera de considérer l'effet qui en résulterait sur les termes proportionnels à cette masse et qui entrent dans les variations séculaires de θ, e'' et ϖ'', ainsi que dans les perturbations périodiques de Mercure et du Soleil. Nous introduirons donc dans les équations un terme proportionnel à la correction ν' de la masse de Vénus.

» J'omets ici, pour abréger, les nouvelles équations qui ne sont que des transformations des conditions déduites des observations du passage de la planète sur le Soleil, et je me borne à dire que leur résolution donne la fonction, p. 81,

$$\pi' + 2{,}72\, e' = + 0'',387.$$

Mais je reproduis les différences qui, toutes corrections faites, subsistent entre le calcul et l'observation, parce qu'elles sont un élément nécessaire pour juger de la précision à laquelle on arrive et qui ne peut être que le résultat d'une très-grande exactitude portée dans tous les points, non-seulement de la théorie de Mercure, mais encore de la théorie du Soleil.

Résidus des équations de condition ou différences entre le calcul et l'observation (p. 82).

NOVEMBRE.		MAI.	
1697.	+ 0'',22	1753.	+ 0'',33
1723.	− 0,79	1786.	− 0,21
1736.	+ 0,65		+ 0,15
	+ 0,09	1799.	+ 0,11
1743.	− 0,20		− 0,50
	+ 0,18	1832.	− 0,24
1769.	+ 0,37		− 0,14
1782.	− 1,16	1845.	+ 0,29
	− 0,05		
1789.	+ 0,88		
	− 0,30		
1802.	+ 0,02		
1848.	+ 0,37		

» Tels sont les résultats qu'on déduit de la discussion des observations des passages de la planète sur le Soleil. Ils consistent dans leur ensemble en ce que, si l'on suppose données l'excentricité à l'origine du temps, sa variation séculaire et la longitude du nœud, les autres éléments, ainsi que la variation séculaire du périhélie et la masse de Vénus, considérées comme des inconnues indépendantes, en découlent, avec une précision à laquelle on ne pourrait prétendre par l'emploi des observations méridiennes.

» Nous devons même remarquer que si nous n'avons pas tiré des équations précédentes les valeurs de δe et $\delta \theta$, ce n'est pas qu'il soit permis de faire varier ces quantités dans de notables limites sans altérer la précision avec laquelle sont satisfaites les observations. Loin de là : un changement de *dix* secondes dans l'excentricité ou dans la longitude du nœud altérerait cette précision. Les valeurs $\delta e = + 1'',9$ et $\delta \theta = - 1'',5$ sont celles qui paraissent le mieux convenir à l'exacte représentation des observations des passages. Toutefois il est indispensable de s'assurer si ces résultats permettront de représenter convenablement les observations méridiennes.

» Je dois encore passer toute cette discussion des observations méridiennes qui conduit seulement à réduire la valeur de la fonction $\pi' + 2,72\, e'$ de $0'',389$ à $0'',383$, et j'arrive aux conclusions du travail, p. 96.

» Telles sont les corrections qui, étant ajoutées aux valeurs des éléments, prises pour point de départ dans la IIe Section, fourniront les données les plus précises sur lesquelles nous baserons les Tables définitives du mouvement de la planète. Elles comprennent le résultat remarquable déjà signalé plus haut, c'est-à-dire la valeur considérable de la fonction $\varpi' + 2,72 e'$: valeur qui semble incompatible avec les grandeurs adoptées jusqu'ici pour les masses des planètes, et notamment pour la masse de Vénus. Cette conséquence de la discussion des observations de Mercure et de leur comparaison avec la théorie étant des plus graves au point de vue de la constitution physique de notre système planétaire, il sera bon de revenir sur nos pas, afin de jeter un coup d'œil attentif sur la route déjà parcourue, de voir si rien ne peut infirmer la conséquence à laquelle nous venons de parvenir et de fixer ainsi la signification qu'on doit lui attribuer.

» Il y a trente ans, Bessel, frappé des écarts qui se manifestaient souvent entre les Tables et les observations, s'exprimait ainsi :

« Præsens cognitio motuum Systematis Solaris non eos fecit progressus,

» quos polliceri videbatur et ingens numerus et bonitas observationum, » quæ indè à Bradleji temporibus circà Solem et Lunam et Planetas sunt » institutæ.... Ac tantum abest, ut Tabulæ observationum præcisioni sem- » per respondeant, ut ipsæ Tabulæ Solis, quas initio hujus sæculi *de Lam-* » *bre* et *de Zach* dederunt, à Tabulis meis anno 1828 editis, quæ *nunc* cum » observationibus consentiunt, 10″ sæpe discrepent :.....

» Incertum est, quæ caussa sit horum errorum. Ab ipsis observationibus » non possunt originem habere, dummodo eæ cum Tabulis comparentur, » quæ in Speculis et benè instructis et recte administratis sint institutæ, » eoque sint numero, ut consensus earum mutuus à fortuitis vitiis » eas liberas esse doceat. Quarè tribuendi sunt aut rationi observationes » reducendi aut Tabulis, quæ vel in Elementis ellipticis, vel in positis pla- » netarum perturbantium massis, vel in formulis perturbationes ad calcu- » lum revocantibus minus perfectæ esse possunt, aut obscuras significant » caussas, motum perturbantes, ad quas theoriæ lumen nondum accesserit. » Sed profecto summum debet videri Astronomiæ problema, illud sæpe » dictum neque tamen in unoquoque casu satis confirmatum, quam dili- » gentissime examinare, an theoria cum experientia semper consentiat. »

» A l'époque où Bessel écrivait ce passage remarquable, on attribuait aux observations méridiennes une précision trop absolue. Assurément, dès qu'elles sont un peu nombreuses, l'effet des erreurs accidentelles disparaît : mais par cela même la mauvaise influence des erreurs systématiques se fait sentir d'une manière plus sûre. C'est cette dernière considération à laquelle on n'avait peut-être pas donné une attention suffisante, du moins dans la discussion des anciennes observations.

» Déjà Maskelyne avait reconnu que ses Assistants n'observaient pas toujours les passages des étoiles, à la lunette méridienne, d'une manière identique avec la sienne. Plus tard on s'aperçut que l'existence de différences systématiques entre les observateurs constituait un fait général. Et toutefois il n'y a pas plus de 25 ans qu'on a pris l'habitude de compléter chaque observation en lui adjoignant le nom de l'astronome auquel elle est due.

» Ce n'est pas tout. L'équation personnelle peut varier d'une manière notable avec le temps, et même très-probablement d'un jour à l'autre. Sans aucun doute elle n'est pas la même pour les étoiles de première grandeur et pour les étoiles difficiles à observer dans une lunette donnée, à cause de leur faiblesse. On sait peu de chose sur la manière dont elle varie avec la

déclinaison des étoiles, et surtout dans le voisinage du pôle de l'équateur.

» Les observations des bords du Soleil et de la Lune, des bords ou du centre des planètes, sont en outre sujettes à des incertitudes spéciales, différentes selon l'observateur, selon l'astre, et même suivant la partie de l'astre à laquelle se rapporte l'observation. C'est ce qui résulte d'une manière évidente de la discussion des observations méridiennes sur laquelle nous avons, dans le Chapitre précédent, fondé les Tables du Soleil.

» Nous avons vu les écarts entre la théorie et l'observation marcher régulièrement quand on les déduisait du travail effectué dans un même observatoire, avec un même instrument; et de manière à faire croire à l'exactitude de la théorie. Il nous a fallu discuter un nombre considérable d'observations, recueillies dans trois observatoires différents, pour reconnaître que les prétendues incertitudes de la théorie n'étaient qu'une illusion, et qu'il n'existait plus entre les Tables et la théorie aucun écart qui ne pût, qui ne dût même être attribué aux incertitudes des observations.

» Les conditions dans lesquelles nous nous trouvons à l'égard de la théorie de Mercure sont différentes. La nécessité d'un accroissement considérable du mouvement séculaire du périhélie résulte exclusivement des observations des passages de la planète sur le disque du Soleil; nous n'avons fait usage d'ailleurs que des temps des contacts internes qui s'observent avec une grande exactitude. Pour échapper à cette nécessité, il faudrait admettre que des erreurs de plusieurs minutes dans l'estime des temps des phases auraient été commises dans de grands observatoires, par exemple en 1743 ou en 1753 à Paris, et par des observateurs tels que La Caille, de Lisle, Bouguer, les Cassini. Hypothèse inacceptable! d'autant plus qu'il faudrait encore ajouter que ces erreurs grossières dans l'estime du temps d'un phénomène physique se seraient reproduites à diverses époques et d'une manière progressive et régulière!

» L'exactitude des observations dont il a été fait usage étant mise hors de cause, on peut se demander si, les masses des planètes perturbatrices étant données, les mouvements séculaires du périhélie et de l'excentricité de l'orbite de Mercure en ont été exactement déduits.

» Nous ferons remarquer à cet égard, qu'outre la détermination comprise dans le travail actuel, nous disposons de celle qu'on trouve dans un Mémoire publié en 1841, sur les variations séculaires des éléments des orbites des planètes, en ayant égard aux termes du premier et du troisième

ordre. Nous allons rapprocher les deux déterminations, en séparant, comme dans le Mémoire de 1841, les termes des divers ordres, et en ramenant d'ailleurs toutes les masses aux valeurs adoptées dans le travail actuel.

Mouvement séculaire du périhélie de Mercure.

	MÉMOIRE DE 1841.	TRAVAIL ACTUEL.
Action de Vénus..........	287″ − 6″ = 281″	280″,6
Action de la Terre..........	86 − 3 = 83	83,6
Action de Mars..........	3 − 0 = 3	2,6
Action de Jupiter..........	158 − 6 = 152	152,6
Action de Saturne..........	8 − 0 = 8	7,2
Action d'Uranus..........		0,1
Totaux..........	542 − 15 = 527	526,7

Mouvement séculaire de l'excentricité de Mercure.

	MÉMOIRE DE 1841.	TRAVAIL ACTUEL.
Action de Vénus..........	+ 1″,1 + 1″,7 = 2″,8	+ 2″,8
Action de la Terre..........	+ 0,3 + 0,8 = 1,1	+ 1,1
Action de Mars..........	+ 0,0 + 0,0 = 0,0	0,0
Action de Jupiter..........	− 0,7 + 1,0 = 0,3	+ 0,3
Totaux..........	+ 0,7 + 3,5 = 4,2	+ 4,2

On voit qu'il y a identité entre les résultats, bien que dans le second travail nous n'ayons rien emprunté au premier.

» On remarquera sans doute que les termes du premier ordre ne donnent que 0″,7 pour le mouvement de l'excentricité en un siècle, tandis que les termes du troisième ordre donnent + 3″,5. Cela n'empêche pas la série, dont il a été fait usage, d'être convergente. Les termes du premier ordre sont plus considérables en réalité et se détruisent les uns les autres en raison des positions relatives des périhélies. Au reste, nous avons déterminé les mouvements séculaires de l'excentricité et du périhélie par des formules d'interpolation, indépendantes du développement des coefficients des séries suivant les puissances des excentricités et des inclinaisons, et nous sommes parvenus au même résultat que ci-dessus. Il ne paraît donc pas que, sous le rapport de l'exactitude de la théorie, aucun doute puisse subsister ici.

» Ces divers points étant établis, et si nous mentionnons d'ailleurs qu'on

a donné une attention particulière à ne laisser s'introduire dans les Tables aucune erreur progressive, il suffira de considérer la faiblesse des résidus des 21 équations de condition (page 82) pour demeurer convaincu qu'aucune erreur notable ne s'est glissée ni dans l'emploi des Tables du Soleil et de Mercure, ni dans le calcul des passages de la planète sur le Soleil. Et dès lors, la nécessité d'augmenter notablement les mouvements séculaires du périhélie et de l'excentricité étant acquise, il reste à examiner si l'on peut y parvenir en donnant aux valeurs primitivement attribuées aux masses perturbatrices un accroissement convenable; ou bien s'il faudra recourir à l'hypothèse de causes perturbatrices « ad quas theoriæ lumen nondum accesserit. »

» Les masses de Jupiter et de Saturne étant bien connues et l'action de Mars étant très-faible, on ne pourrait accroître sensiblement les mouvements calculés du périhélie et de l'excentricité de Mercure, qu'en changeant les masses de Vénus et de la Terre; ce qui fournit entre les coefficients ν' et ν'' dont dépendent ces masses, la relation

$$(A) \qquad 288''\nu' + 87''\nu'' = 38'',3.$$

» Il résulte des mesures de l'obliquité de l'écliptique, faites pendant un siècle, que sa diminution séculaire est égale à 45″,76, tandis qu'en la calculant au moyen des masses adoptées pour les planètes, on la trouve de 47″,48. Il en découle la condition

$$(B) \qquad 0'',53\nu + 28'',88\nu' + 0'',75\nu''' + 1'',72 = 0.$$

Cette condition est celle qui est rapportée dans le Chapitre XIV (Tome IV, p. 52), et dans laquelle on a diminué la masse de Mars du *dixième* de la valeur qui lui avait été provisoirement attribuée dans la théorie du Soleil.

» La discussion des observations des ascensions droites du Soleil nous a encore fourni entre les coefficients ν' et ν''' (Chapitre XIV, Tome IV, page 95), les quatre relations (IV), (V), (VI) et (VII), déduites de la considération des inégalités périodiques. Les équations (V) et (VII) s'accordent à fournir pour ν''' la valeur qui nous a conduits à la masse de Mars, à laquelle nous nous sommes arrêtés. Au moyen de cette valeur de ν''', les équations (IV) et (VI) qui dépendent fort peu de la masse de Mars, deviennent simplement

$$(C) \qquad \begin{aligned} 8'',00\nu' + 0'',00 &= 0, \\ 8'',00\nu' - 0'',07 &= 0. \end{aligned}$$

Dans ces relations, le coefficient de ν' a été ramené à la valeur moyenne des perturbations périodiques produites par Vénus. La première a été tirée de la discussion des observations du Soleil faites depuis 1750 jusqu'en 1810, la seconde de la discussion des observations faites depuis 1811 jusqu'en 1850.

» Telles sont les conditions qu'on possède pour la détermination de la masse de Vénus. On peut y joindre la valeur

(D) . . . . $\nu' = -0,0228,$

trouvée par la discussion même des observations de Mercure, en ayant égard à tous les termes que Vénus introduit dans les théories de Mercure et de la Terre, ceux des mouvements séculaires du périhélie et de l'excentricité de Mercure étant exceptés.

» Or pourrait-on, en tenant compte des incertitudes des observations, considérer ces diverses conditions comme compatibles entre elles ?

» En faisant à l'incertitude de ν'' la part la plus forte possible dans l'équation (A), et rejetant une légère partie des erreurs sur les observations des passages de Mercure sur le Soleil, on peut se borner à poser $\nu' = +0,1$, c'est-à-dire à augmenter la masse de Vénus du *dixième* de sa valeur; mais on ne saurait faire moins.

» Or dans cette hypothèse, la diminution séculaire de l'obliquité de l'écliptique, déduite des observations, se trouve, par l'équation (B), inférieure de $4'',61 + 0'',53\nu$ à celle qu'on tire de la théorie; et même en supposant $\nu = -\frac{1}{2}$, cet excès est encore de $4'',34$. Lorsqu'on cherche à représenter les mesures de l'obliquité de l'écliptique, en y introduisant la diminution séculaire $50'',10$, au lieu de celle $45'',76$, qui résulte des observations elles-mêmes, on trouve ce qui suit :

ANNÉES.	OBLIQUITÉ MOYENNE suivant l'observation.	OBLIQUITÉ MOYENNE suivant le calcul.	OBSERVATION moins calcul.	OBSERVATOIRES.
1755	23°.28'.15",22	23°.28'.17",72	− 2",50	Greenwich.
1795	23.27.57,66	23.27.57,68	− 0,02	Id.
1798	23.27.55,05	23.27.56,17	− 1,12	Palerme.
1815	23.27.47,48	23.27.47,65	− 0,17	Kœnigsberg.
1825	23.27.43,78	23.27.42,64	+ 1,14	Id.
1841	23.27.35,56	23.27.34,63	+ 0,93	Paris.
1846	23.27.33,88	23.27.32,12	+ 1,76	Greenwich.

Chaque astronome pourra porter sur ce résultat un jugement dont nous avons cherché à réunir tous les éléments de la manière la plus claire. On considérera sans doute que les erreurs dont il faudrait supposer entachées les mesures de l'obliquité sont peu acceptables, en raison surtout de la marche assez régulière qu'elles suivent, bien que les observations aient été faites dans des lieux et par des astronomes divers.

» Dans la même hypothèse ($\nu' = +0,1$), les deux conditions tirées de la considération des inégalités périodiques du mouvement de la Terre, conditions si précises parce qu'on a pu les affranchir des incertitudes systématiques des observations, se trouveraient en erreur, la première de $0'',80$, et la seconde de $0'',73$. Comme elles ont été déduites l'une et l'autre d'un très-grand nombre d'observations, et qu'elles s'accordent parfaitement, il y a lieu de croire que de telles erreurs sont peu probables.

» Ajoutons enfin que la théorie de Mercure elle-même fournit, équation (D), $\nu' = -0,0228$, et que, si l'on substituait $\nu' = +0,1$ à cette valeur, on n'arriverait pas, dans la représentation des passages de la planète sur le Soleil, à une précision aussi grande que celle que nous avons obtenue, et que comporte la nature des observations.

» Nous n'insisterons pas davantage sur ces considérations, attendu, nous le répétons, qu'ayant réuni tous les éléments de la discussion, chacun pourra se prononcer en connaissance de cause, et adopter les conclusions qui lui paraîtront les plus sûres. Il nous reste donc seulement, pour le cas où l'on croirait que la masse de Vénus ne peut pas être augmentée, à examiner à quelles conséquences on serait conduit par la nécessité de faire résulter l'accroissement du mouvement du périhélie de Mercure de l'action de masses encore inconnues. Au reste, nous ne nous livrerons pas à la recherche de toutes les causes qui pourraient produire ce résultat. Nous nous contenterons d'indiquer celle qui paraîtrait la plus probable, en raison de nos connaissances actuelles sur la constitution physique de notre système planétaire.

» Une planète, ou, si l'on veut, un groupe de petites planètes circulant dans les parages de l'orbite de Mercure, serait susceptible de produire la perturbation anormale éprouvée par ce dernier astre. Examinons d'abord l'effet d'une seule masse perturbatrice : on en conclura aisément celui d'un ensemble de corps.

» La masse troublante, si elle existe, n'a point d'effet sensible sur la

marche de la Terre. Nous ignorons si elle aurait quelque action sur Vénus ; et, en attendant que ce point ait pu être éclairci, nous admettrons que cette action soit insensible ou du moins plus faible que sur Mercure. Dans cette hypothèse, la masse cherchée devrait se trouver au-dessous de l'orbite de Mercure. Si de plus on veut que son orbite ne s'enchevêtre point avec celle de Mercure, il faudra que sa distance aphélie n'excède point les *huit dixièmes* de la distance moyenne de Mercure, c'est-à-dire les *trois dixièmes* de la distance moyenne de la Terre au Soleil.

» Les observations de Mercure ne nous ont, il est vrai, indiqué aucune inégalité de l'inclinaison de l'orbite, ou de la position du nœud, qui ne résulte des valeurs reçues pour les masses des planètes connues. Mais ceci n'est point une difficulté. Si la perturbation du périhélie ne nous a pas échappé, nous le devons à la grandeur de l'excentricité de l'orbite, et à ce que cette circonstance a rendu très-appréciable le changement de la valeur de l'équation du centre. Or, rien de pareil n'a lieu pour les latitudes, dès qu'on ne suppose pas que l'orbite de la masse troublante soit fort inclinée sur l'orbite de Mercure.

» Cela posé, attribuons un accent aux éléments de l'orbite de Mercure : désignons par les mêmes lettres, mais non accentuées, les éléments de l'orbite de la masse hypothétique m; et cherchons les variations séculaires que cette masse produit dans le périhélie et dans l'excentricité de Mercure. On les déterminera par les formules du Chapitre VI (Tome II, page 32), auxquelles il faut joindre la partie constante du développement de la fonction perturbatrice, donnée en tête du Chapitre IX (Tome II, page 87).

» En se bornant aux termes qui sont du premier ordre par rapport aux excentricités, on trouve

$$\frac{d\varpi'}{dt} = \frac{1}{2}\left[B + C\frac{e}{e'}\cos(\varpi' - \varpi)\right]mn',$$

$$\frac{de'}{dt} = \frac{1}{2}Ce\sin(\varpi' - \varpi)mn'.$$

B et C sont deux coefficients qui dépendent uniquement du rapport α des grands axes des orbites, et qui, conformément aux notations des Cha-

pitres IV et V, ont pour expressions

$$B = b_1^{(0)} + \frac{1}{2} b_2^{(0)},$$

$$C = b^{(1)} - b_1^{(1)} - \frac{1}{2} b_2^{(1)}.$$

D'ailleurs $\frac{d\varpi'}{dt}$ et $\frac{de'}{dt}$ doivent satisfaire à la condition unique

(E) $$\frac{d\varpi'}{dt} + 2,72 \frac{de'}{dt} = 0'',383.$$

» En raison de l'indétermination du problème, nous supposerons encore que l'orbite de la masse troublante n'ait qu'une très-petite excentricité, ce qui nous permettra de négliger la valeur de $\frac{de'}{dt}$, ainsi que le second terme de la valeur de $\frac{d\varpi'}{dt}$. D'ailleurs, s'il s'agit d'un groupe d'astéroïdes, on doit croire que leurs périhélies occupent des positions variées dans l'espace, et qu'ainsi les termes en $\sin(\varpi' - \varpi)$ et $\cos(\varpi' - \varpi)$ peuvent se détruire les uns les autres : tandis que le premier terme de la valeur de $\frac{d\varpi'}{dt}$ est toujours positif, quelle que soit l'orientation de l'orbite. Par là, la condition (E) deviendra simplement

(F) $$Bm.n' = 0'',766.$$

» Soit actuellement

$$\beta^2 = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha^2};$$

nous pouvons, en vertu des transformations expliquées dans le Chapitre V, poser, avec une suffisante approximation,

$$b_1^{(0)} = \beta^2,$$

$$b_2^{(0)} = \beta^2 + 2,375\,\beta^4.$$

Substituant dans (F), et divisant les deux membres par $n' = 5\,381\,016''$, on trouvera, entre les inconnues m et β^2, la relation

$$(\beta^2 + 0,8\,\beta^4) = 0,000\,000\,095.$$

Cette relation fera connaître la valeur de la masse répondant à chaque hy-

pothèse faite sur α, et, par suite, sur la distance de la masse troublante au Soleil.

» On peut, à cet égard, consulter le tableau suivant, dans lequel nous donnons le rapport de la masse m à la masse m' de Mercure, cette dernière étant supposée égale au *trois-millionième* de la masse du Soleil :

α	DEMI-GRAND AXE de l'orbite.	$\frac{m}{m'}$	PLUS GRANDE ÉLONGATION au Soleil.
0,8	0,310	0,065	18° 4′
0,7	0,271	0,167	15.43
0,6	0,232	0,35	13.25
0,5	0,194	0,68	11.11
0,4	0,155	1,29	8.55
0,3	0,116	2,66	6.40

On voit, ainsi qu'on devait s'y attendre, que la masse troublante est d'autant plus considérable qu'elle est plus voisine du Soleil. Dans le voisinage de cet astre, elle varie, à très-peu près, en raison inverse du carré de la distance au Soleil.

» Ainsi donc, à ne prendre que le point de vue mécanique, on peut, par l'hypothèse d'une masse troublante, dont la situation reste indéterminée, rendre compte des phénomènes observés. Il est toutefois indispensable d'examiner en outre si, sous le rapport physique, toutes les solutions sont également admissibles.

» A la distance moyenne 0,17, la masse troublante serait précisément égale à la masse de Mercure. La plus grande élongation à laquelle elle pût atteindre, serait un peu inférieure à 10 degrés. Doit-on croire qu'une planète qui brillerait d'un éclat plus vif que Mercure aurait nécessairement été aperçue après le coucher ou avant le lever du Soleil, rasant l'horizon? Ou bien serait-il possible que l'intensité de la lumière dispersée du Soleil eût permis à un tel astre d'échapper à nos regards?

» Plus loin du Soleil, la masse troublante est plus faible, et il en est de même de son volume sans doute; mais l'élongation est plus grande. Plus près du Soleil, c'est l'inverse; et si l'éclat du corps troublant est augmenté par la dimension de ce corps et par le voisinage du Soleil, l'élongation devient si petite, qu'il serait possible qu'un astre, dont la position est inconnue, n'eût pas été aperçu dans les circonstances ordinaires.

» Mais, dans ce cas même, comment un astre qui serait doué d'un très-vif éclat, et qui se trouverait toujours très-près du Soleil, n'eût-il point été entrevu durant quelqu'une des éclipses totales? Un tel astre enfin ne passe-

rait-il point entre le disque du Soleil et la Terre, et n'eût-on pas dû en avoir ainsi connaissance?

» Telles sont les objections qu'on peut faire à l'hypothèse de l'existence d'une planète unique, comparable à Mercure pour ses dimensions, et circulant en dedans de l'orbite de cette dernière planète. Ceux à qui ces objections paraîtront trop graves, seront conduits à remplacer cette planète unique par une série d'astéroïdes dont les actions produiront en somme le même effet total sur le périhélie de Mercure. Outre que ces astéroïdes ne seront pas visibles dans les circonstances ordinaires, leur répartition autour du Soleil sera cause qu'ils n'introduiront dans le mouvement de Mercure aucune inégalité périodique de quelque importance.

» L'hypothèse à laquelle nous nous trouvons ainsi amenés n'a plus rien d'excessif. Un groupe d'astéroïdes se trouve entre Jupiter et Mars, et sans doute on n'a pu en signaler que les principaux individus. Il y a lieu de croire même que l'espace planétaire contient de très-petits corps en nombre illimité, circulant autour du Soleil. Pour la région qui avoisine l'orbite de la Terre, cela est certain.

» La suite des observations de Mercure montrera s'il faut définitivement admettre que de tels groupes d'astéroïdes existent aussi plus près du Soleil. Peut-être la discussion des observations de Vénus portera-t-elle, de son côté, quelque lumière sur le même sujet, bien que la petitesse de l'excentricité de l'orbite de cette planète ne permette guère de l'espérer. Dans tous les cas, comme il se pourrait qu'au milieu de ces astéroïdes il en existât quelques-uns de plus gros que les autres, et qu'on n'aurait d'autre moyen d'en constater l'existence que par l'observation de leurs passages devant le disque solaire, la discussion présente devra confirmer les astronomes dans le zèle qu'ils mettent à étudier chaque jour les apparences de la surface du Soleil. Il est fort important que toute tache régulière, quelque minime qu'elle soit, et qui viendrait à paraître sur le disque du Soleil, soit suivie pendant quelques intants avec la plus grande attention, afin de s'assurer de sa nature par la connaissance de son mouvement. »

GÉOLOGIE. — *Onzième Lettre à* M. Élie de Beaumont *sur les phénomènes éruptifs de l'Italie méridionale; par* **M. Ch. Sainte-Claire Deville.**

« Naples, 3 janvier 1861.

» Les deux relations qui m'ont été adressées par MM. Palmieri et Guiscardi, et dont j'ai inséré la traduction dans ma Lettre à M. Milne Edwards,

ont dû vous faire suffisamment connaître la physionomie générale et les principaux traits de l'éruption qui a commencé le 8 décembre, et que je suis en ce moment, dans ses dernières manifestations, avec l'active et intelligente collaboration de M. Ferdinand Fouqué.

» De retour à Paris, maître de tous les matériaux que j'aurai recueillis moi-même, ou dont je devrai la communication aux savants de ce pays, je présenterai une histoire complète de l'éruption, et je fixerai, avec la précision dont les éléments me manquent encore, la position géographique, l'altitude et les dimensions de l'*appareil adventif* qui vient de témoigner son activité. Aujourd'hui, je veux vous entretenir de ce que j'ai observé des phénomènes chimiques de la fissure.

» Vous voudrez bien vous rappeler que, dans mon *Mémoire sur les émanations volcaniques*, j'ai établi que, dans toute éruption, le fait capital est la détermination d'une fente diamétrale, passant sensiblement par le centre du grand cratère supérieur. Le plus souvent, la fissure ainsi formée n'est que la reproduction ou la réouverture d'une fente préexistante, et je crois avoir démontré que, dans les volcans centraux, comme le Vésuve et l'Etna, les principales de ces fentes se lient avec les grands accidents stratigraphiques de la contrée, et par conséquent aussi avec la formation originaire de la montagne elle-même. Cette manière de considérer une éruption concorde parfaitement avec ce que vous avez dit de l'étoilement successif de l'Etna : seulement je regarde les principaux traits de cet étoilement comme déjà tracés d'une manière indélébile, et comme pouvant donner, à divers intervalles, issue à des matières de deux ordres différents : la lave, qui, une fois sortie et arrêtée, ne pourra plus emprunter qu'à ses propres matériaux et à l'atmosphère (peut-être aussi au sol environnant) les éléments des réactions chimiques qui s'y manifesteront : les *produits volatils*, dont la production précède le plus souvent celle de la lave, et se poursuit toujours après sa sortie, et qui, puisés en quelque sorte au foyer intérieur, reflètent par les variations dans leurs propriétés physiques et chimiques, les différentes phases que subit successivement l'activité éruptive de la fissure. Ces produits volatils sont donc à la fois les plus variés et les plus caractéristiques, et c'est à leur étude que je vais consacrer cette première Lettre.

» La fissure de l'éruption actuelle se rattache intimement, comme vous allez le voir, à celle qui a produit en juin 1794 la plus grande coulée de lave que le Vésuve ait donnée depuis plusieurs siècles et qui détruisit presque entièrement la ville de Torre del Greco. Le point initial de la fissure ne coïncide cependant pas avec les *Bocche nuove* de 1794 : celles-ci, situées

à 1100 mètres environ vers le N.-N.-E., atteignent, d'après M. Schmidt, une altitude de 504 mètres, tandis que je n'ai trouvé pour le bord le plus élevé de la première bouche formée par notre éruption qu'une hauteur de 329 mètres.

» L'axe moyen des nombreuses cavités plus ou moins profondes qui se sont ouvertes dans la soirée du 8 décembre, et qui ont projeté des matériaux meubles, en formant une petite colline allongée, s'écarte notablement aussi de la direction générale de la fissure de 1794. Cette portion supérieure de la fente (comme il est arrivé du reste en 1794) diverge de plusieurs degrés vers l'ouest, et, prolongée du côté de la mer, elle tomberait sur le palais de la Favorite, qui, pour le dire en passant, a été légèrement lézardé, quoiqu'il soit construit plus solidement que les maisons qui l'entourent, et qui n'ont pas souffert. Mais, si du point culminant de la fissure de 1861 on tourne sa boussole successivement vers le centre du cratère supérieur du Vésuve, et vers le littoral de Torre del Greco, où les constructions ont été le plus fortement démantelées et où surtout la ligne de la fissure est nettement dessinée par les dégagements d'acide carbonique qui se prolongent en mer, on voit que ces trois points sont sensiblement sur une même droite, dirigée à l'E. 2° N. de la boussole, et qu'on peut considérer comme l'axe commun des deux éruptions de 1794 et de 1861.

» Ainsi que l'a fort bien remarqué M. Guiscardi, cette première partie de la fissure est entièrement ouverte dans le tuf de la Somma, et parmi les nombreux matériaux meubles rejetés par les petites bouches, j'ai recueilli un grand nombre de fragments de roches caractéristiques de ce tuf : dolomies saccharoïdes, accumulations de micas, d'idocrase et de néphéline, etc. Cette portion du Vésuve primitif, qui forme les pentes occidentales des *Piane*, porte encore une forêt de châtaigniers, qui, un jour sans doute, disparaîtra à son tour sous les laves du Vésuve actuel. La nouvelle éruption a brûlé une partie des arbres, en substituant une petite colline toute dentelée au dos d'âne bombé et plus régulier sur lequel ils végétaient.

» Dès le 18 décembre, lendemain de notre arrivée à Naples, nous sommes allés, M. Fouqué et moi, jeter un coup d'œil général sur l'ensemble des phénomènes de l'éruption, et nous sommes montés aux petites bouches; mais c'est le 20 seulement que nous y avons porté les appareils propres à condenser les vapeurs et à recueillir le gaz.

» Des onze cavités qui s'alignent sur la fissure supérieure, une seule, la sixième, a donné la lave, qui s'est épanchée latéralement vers le sud, puis s'est infléchie au sud-ouest. Le point le plus chaud et le plus actif se trou-

vait alors et se trouve encore aujourd'hui précisément autour de cette bouche. On y voyait des ouvertures dont l'incandescence distincte, même de jour, était probablement en grande partie entretenue (comme dans les points analogues que j'ai décrits dans les petits cônes de 1855) (1), par les réactions chimiques qui s'y passent et dont la principale consiste dans la transformation des chlorures de fer en fer oligiste (2).

» D'abondantes et suffocantes vapeurs, entraînant les acides chlorhydrique et sulfureux, au milieu de roches fortement imprégnées de chlorures alcalins, de chlorures de fer, d'aluns, etc., s'y faisaient jour. Nous avons établi un appareil de condensation sur la même fissure, à un point où l'incandescence était remplacée, au moins à la surface, par une température de 223°. Les vapeurs condensées dans une dissolution de potasse caustique précipitaient abondamment par le nitrate d'argent et le chlorure de barium. Je me réserve, à mon retour, d'en faire l'analyse, et de déterminer le rapport exact des acides chlorhydrique et sulfureux.

» A mesure qu'on s'éloignait de cette petite bouche centrale, en remontant vers l'origine de la fissure, l'intensité éruptive diminuait d'une manière évidente. Sur la crête qui sépare le troisième cratère du second, on n'apercevait plus aucune trace d'incandescence. La plus haute température, dans les fentes de la surface, était de 210°. Là encore étaient des vapeurs chlorhydro-sulfureuses; mais les produits solides, moins riches en chlorures de fer, contenaient, au contraire, beaucoup de soufre, et annonçaient ainsi un abaissement dans l'intensité éruptive (3).

---

(1) Deuxième Lettre à M. Élie de Beaumont sur l'éruption du Vésuve du 1er mai 1855. (*Compte rendu*, séance du 11 juin 1856.)

(2) Cette incandescence existait encore très-vive le 28. L'un de nous, en traversant cette même bouche, pour se rendre au point de sortie de la lave qu'elle a rejetée, a glissé sur la pente intérieure, et s'est fortement brûlé la main en la posant à terre.

(3) Sur ce point comme au sixième cratère, j'ai condensé les vapeurs dans une dissolution de potasse caustique. J'ai, de plus, recueilli l'air des cratères pour en faire une analyse exacte, et l'ai examiné sommairement sur les lieux. Voici les résultats de cet essai pour les fumerolles chlorhydro-sulfureuses de la deuxième bouche :

Gaz absorbable par la potasse	5,56
Oxygène	6,48
Azote	87,96
	100,00

C'est donc, comme on voit, un mélange de gaz acides et d'air, en grande partie privé de

» Mais ce qui témoignait plus nettement encore de ce décroissement, c'est que, en s'éloignant de la ligne centrale qui sert comme d'axe commun à toutes les bouches, on trouvait, sur les flancs mêmes du deuxième cratère, et à mi-distance du premier, des fumerolles, qui n'accusaient qu'une température de 85 à 86°, ne rougissaient point le tournesol bleui, noircissaient le papier imprégné d'acétate de plomb et déposaient de petites quantités de soufre.

» Enfin de la dernière bouche, qui ne paraît pas du reste avoir été bien active, même pendant la durée de l'éruption, s'exhalait seulement une légère colonne blanchâtre, qui ressemblait à la vapeur d'eau. Il eût été extrêmement intéressant, si le temps nous l'eût permis et surtout si ce dernier point n'eût été à peu près inaccessible, de rechercher, par une analyse sommaire, si ses émanations ne contenaient point d'acide carbonique. Mais ce que je viens de dire suffit déjà pour établir que, à mesure qu'on s'éloignait, dans la direction de la fissure, du cratère qui a donné la lave et latéralement de l'axe commun des petites cavités, la décroissance dans l'intensité éruptive était manifestée aussi bien par l'abaissement des températures que par le passage graduel des fumerolles chlorhydro-sulfureuses, avec dépôt de fer oligiste, aux fumerolles sulfhydriques à simple dépôt de soufre.

» Si, partant de cette même bouche d'où est sortie la lave, on descend le cours de la fissure, on la trouve encore en ce moment et jusqu'à son extrémité dans la phase chlorhydro-sulfureuse. Mais la température est beaucoup moindre : le chlorure de fer qui colore les roches ne s'y transforme nulle part en fer oligiste sous l'influence de points incandescents, et l'abondance du soufre qui se mélange aux chlorures et aux sulfates, semble déjà indiquer l'intervention de l'hydrogène sulfuré qui se décompose au contact de l'acide sulfureux.

» Néanmoins, en suivant la fissure jusqu'au point où elle s'arrête, brusquement coupée par un bras de la lave de 1794, on n'aperçoit aucune fumerolle qui donne, au moins jusqu'à présent, l'acide sulfhydrique lui-même.

» A ce point, la fissure, en butant contre la lave, se perd dans une autre fissure transversale, beaucoup plus courte, ouverte dans la lave elle-même, et qui y détermine trois cavités très-petites et très-peu profondes, d'où se dégageait, le 18, de la vapeur d'eau accompagnée d'acide chlorhydrique,

---

son oxygène. C'est le résultat auquel nous étions arrivés, M. F. Leblanc et moi, dans nos recherches sur les fumerolles analogues de 1856.

sans mélange sensible d'acide sulfureux. Le 28, il n'y avait plus avec la vapeur d'eau qu'une proportion d'acide chlorhydrique imperceptible à l'odorat, mais qui était encore trahie par le papier de tournesol. Du reste, absolument aucun dépôt, et cette dernière circonstance établissait un contraste assez frappant entre cette petite dépression de la lave et les bords richement colorés des bouches de la fissure (1).

» Ce n'est évidemment plus la même fissure, mais seulement un brisement transversal de la lave de 1794, au moment où elle a reçu le choc des forces qui avaient déterminé la fissure, et où elle a arrêté leur effet. Quant au dégagement d'acide chlorhydrique pur, il est difficile de ne pas l'attribuer au voisinage de la nouvelle lave, qui n'en est pas éloignée de plus de 3 ou 4 mètres et qui a pu, sans aucun doute, pénétrer en partie au-dessus de l'ancienne lave ainsi démantelée.

» Au reste, la fissure n'est qu'imparfaitement dissimulée par la lave de 1794. Non-seulement, à partir de ce point, la surface de la lave est, en une foule d'endroits, brisée dans la direction de la fissure; mais, comme je l'ai fait observer au début de cette Lettre, c'est encore la même direction qui se retrouve à Torre del Greco dans les crevasses du sol et des édifices, et surtout dans la ligne qui joint en mer les principaux jets d'émanations carburées dont il me reste à parler.

» Ces émanations, les dernières dans l'ordre des intensités volcaniques, constituent, en effet, le caractère le plus frappant de l'éruption actuelle. C'est la première fois, si je ne me trompe, qu'on a observé dans les mofettes, en même temps que l'acide carbonique, l'hydrogène carboné. Dès le 18, en entrant à Torre, je reconnus à l'odeur les matières bitumineuses analogues à celles du lac de Palici, où nous avons trouvé, M. Leblanc et moi, l'hydrogène carboné en faibles proportions. Je ne doutai pas un instant de sa présence ici, et l'analyse ne tarda pas à la démontrer, ainsi que je l'ai annoncé dans ma Lettre à M. Milne Edwards.

» Ce fait est lié lui-même à l'ensemble de l'éruption. La lave a cessé de couler sept heures après avoir commencé, mais alors les forces intérieures qui ne pouvaient se faire jour de cette manière ont produit des phénomènes

---

(1) C'est en comptant ces trois dépressions de la lave de 1794 qu'on arrive au nombre de onze bouches ou cavités sur la fissure. Par le fait, la première de ces trois dépressions, qui est aussi la plus considérable, est placée à la limite de la lave et de la fissure, et tient à la fois des deux caractères. Son bord supérieur est coloré par le soufre et les chlorures, son bord inférieur est dénué de tout dépôt.

mécaniques considérables. La plus grande partie du sol de Torre, ou plutôt la lave de 1794 sur laquelle la ville est bâtie, a été fissurée perpendiculairement à la côte; de nombreuses secousses ont amené graduellement le soulèvement observé et mesuré par M. Palmieri, et de ces fissures sont sortis presque immédiatement les gaz carburés.

» M. le Dr Raffaelle Vitelli m'assure (et le fait m'est confirmé par M. Bourguignon) avoir vu, le quatrième jour de l'éruption, sortir des fissures un gaz enflammé, et avoir observé aussi des flammes courant sur le bassin de la grande fontaine. Ce gaz ne pouvait être que l'hydrogène carboné : s'était-il enflammé par une circonstance accidentelle ou spontanément? On serait assez tenté d'adopter cette dernière opinion, si l'on pouvait accorder une confiance absolue à des renseignements suivant lesquels plusieurs fentes ouvertes dans la lave de 1794 auraient présenté, à une faible distance du sol, une température assez élevée pour qu'on y pût allumer des fragments de bois.

» Quoi qu'il en soit, ce qu'on peut conclure avec certitude, c'est que, sur un même point, le gaz a changé notablement de nature depuis le début de l'éruption. En effet, les émanations qui se dégagent encore avec abondance du bassin de la fontaine de Torre se composent, comme celles qui sortent du sol et de la lave de 1794, presque en totalité d'acide carbonique, et non-seulement elles ne seraient pas susceptibles de s'enflammer, mais elles éteindraient un corps en combustion.

» Depuis lors, les mofettes ont paru sur un grand nombre de points. Le 28 décembre, en descendant du Vésuve, nous vîmes des feux dans les parties basses, et nous apprîmes qu'on venait de trouver cinq ouvriers asphyxiés dans une carrière située entre les territoires de Torre et de Resina, à peu près au-dessus de la Favorite. Nous nous y rendîmes le lendemain matin, M. Fouqué et moi, accompagnés de plusieurs guides. Nous pûmes aisément pénétrer dans la carrière, où nous trouvâmes les corps de plusieurs animaux asphyxiés (chien, chat, oiseaux) : nous avions même déjà préparé nos appareils pour recueillir et analyser le gaz qui paraissait se dégager lentement des fissures du sol, lorsque nous fûmes surpris par la mofette avec une rapidité telle, que nous n'eûmes que le temps de nous enfuir, en abandonnant même momentanément une partie de nos appareils. Ces appareils nous furent rapportés par des ouvriers dans la même journée ; il y avait donc intermittence évidente, et le gaz sortait par violentes bouffées.

» Du point où nous nous étions réfugiés, nous distinguions aisément la

couche d'acide carbonique (1), qui, après avoir atteint le niveau le plus élevé de l'étroit orifice qui mène à la carrière, se mit à couler vers notre station, située un peu plus bas (2).

» L'analyse très-imparfaite que j'ai pu exécuter en ces circonstances montre que l'acide carbonique de ces mofettes supérieures est fortement mélangé d'azote, et j'en ai eu la confirmation quelques jours après.

» En effet, le même soir du 28, la mofette se déclara, comme elle le fait d'ordinaire après chaque éruption importante, dans la fissure de 1631, au point même où je l'avais observée en 1855 près de Santa-Maria di Pugliono. Du gaz recueilli à cet endroit, le 1er janvier, m'a donné, abstraction faite de l'air introduit dans la prise :

Acide carbonique.............	54,70
Azote......................	45,30
	100,00

Ce gaz n'avait aucune odeur empyreumatique : le résidu du traitement par la potasse et l'acide pyrogallique n'était pas combustible. Il ne contenait probablement pas trace d'hydrogène carboné.

» Mais en descendant au-dessous de ce point dans le bourg de Resina, comme aussi au-dessous de la carrière dont j'ai parlé précédemment, l'odorat accusait nettement le dégagement de l'hydrogène carboné et des matières bitumineuses.

» Ces dernières émanations semblaient donc avoir une tendance à se

---

(1) Les deux couches de gaz ne se distinguaient l'une de l'autre que par la réfraction; mais, dans une autre circonstance, nous pûmes nous convaincre que la mofette est accompagnée de vapeur d'eau. Le 1er janvier, près de la plage de Torre, dans un espace clos de murs, la mofette formait une couche blanche de quelques décimètres de hauteur, et s'écoulait par un petit orifice inférieur. Nous voulions y retourner après avoir étudié le gaz du rivage; mais alors le soleil avait pénétré dans l'enclos et avait dissipé la vapeur blanchâtre, qui n'était autre chose que la vapeur d'eau condensée. Le gaz sortait en effet, comme je le disais tout à l'heure, à une température notablement supérieure à celle de l'atmosphère.

(2) En cherchant à se rendre compte approximativement de la quantité d'acide carbonique dégagée dans la carrière, on arrive aux chiffres suivants :

En dix minutes, cette carrière, dont la surface était d'environ 170 mètres carrés, s'est trouvée remplie d'acide carbonique, ainsi que le canal étroit qui en formait l'entrée. Le volume du gaz contenu dans cette cavité était d'environ 1 100 mètres cubes, ce qui donne à peu près un demi-mètre cube pour la quantité de gaz dégagé dans une minute par une surface de 1 mètre carré.

manifester plus bas que l'acide carbonique et plus loin du centre éruptif, comme je crois l'avoir démontré pour les émanations analogues de la Sicile. Mais les expériences dont je vais vous entretenir prouvent nettement que cette succession s'observe aussi dans les produits secondaires des éruptions du Vésuve.

» J'ai déjà parlé d'un point remarquable du rivage de Torre, sur lequel les mofettes se dégageaient avec violence des fissures de la lave de 1794, et se prolongeaient fort loin en mer dans une direction perpendiculaire à celle de la côte.

» J'ai successivement étudié le gaz qui s'échappait de la lave elle-même à terre, puis de divers points situés en mer, à des distances variables du bord. La plupart de ces analyses sommaires, faites dans le canot à bord duquel je recueillais le gaz sortant de l'eau dans l'éprouvette, ne m'ont pas donné trace sensible d'oxygène : j'ai donc considéré comme accidentellement mélangées les petites quantités d'oxygène que contenaient d'autres prises de gaz, et j'ai déduit des résultats les proportions d'azote correspondant à la composition de l'air normal. Voici ces résultats :

	DES FISSURES DE LA LAVE, A TERRE.		EN MER.			
			A 10 ou 15 m. de la côte.	A 40 ou 50 mètres.	A 100 m. environ.	A 200 m. environ.
	23 Décemb.	1er Janvier.	1er Janvier.	18 Décemb.	1er Janvier.	1er Janvier.
Acide carbonique.......	96,32	95,95	88,60	59,53	46,78	11,54
Résidu combustible (azote + hydrogène carboné).	3,68	4,05	11,40	40,47	53,22	88,46
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

» Le dernier gaz était combustible avant l'enlèvement de l'acide carbonique.

» Les nombres qui précèdent n'ont besoin d'aucun commentaire et me semblent démontrer sans incertitude possible la proposition que j'ai avancée tout à l'heure.

» En définitive, et pour résumer ce qui a trait à la fissure de l'éruption et aux phénomènes chimiques qu'elle a présentés, nous voyons la fente initiale sur laquelle s'étaient établies les huit petites bouches supérieures

venir buter contre la lave de 1794, et se confondre avec la fissure qui l'a produite. A partir du centre adventif de l'éruption, c'est-à-dire du point de sortie de la lave, nous reconnaissons, en montant comme en descendant, la décroissance dans l'intensité volcanique caractérisée à la fois par le décroissement de la température et par la variation prévue dans la nature des émanations. Seulement, vers le haut de la fissure, je n'ai constaté aucune émanation inférieure, quant à l'intensité éruptive, aux fumerolles sulfhydriques, tandis qu'en descendant vers la mer on rencontre graduellement et à leur place habituelle les divers ordres d'émanations, depuis les fumerolles incandescentes qui se recouvrent de fer oligiste jusqu'aux dégagements d'acide carbonique et d'hydrogène carboné.

» Ce que je viens de vous dire représente le phénomène général à un moment donné. A chaque moment, l'ordre des émanations a dû être le même que celui que j'ai observé ces jours derniers et qui est l'ordre normal. Mais, à des moments divers, les différentes émanations ont pu changer de siége.

» Je vous en ai cité même un exemple singulier : les émanations très-riches en hydrogène carboné remplacées ultérieurement par l'acide carbonique presque pur.

» Ce fait, en contradition apparente avec la règle générale de succession, s'explique par les oscillations évidentes qu'a subies l'éruption depuis son début.

» A peine la lave s'est-elle épanchée quelques heures avec une grande rapidité, qu'elle s'arrête brusquement, et, en ce moment, le cratère supérieur du Vésuve subit une rude épreuve : son point culminant, la pointe de 1850, s'éboule; les trois cavités qui s'y voyaient depuis le mois de décembre 1855 s'élargissent, ou plutôt la bouche la plus centrale absorbe presque les deux autres. Une violente projection de lapilli et de blocs énormes (1) suit bientôt et arrête en quelque sorte la sortie de la lave qui menaçait Torre del Greco. Puis tout rentre dans le silence, il ne se dégage plus du sommet qu'une légère fumée, le volcan semble apaisé; mais il n'en est rien. Quatre jours après, la lave de 1794 se brise à Torre; la côte se soulève sous la pression de gaz intérieurs et peut-être aussi de la lave nouvelle qui se serait frayé un passage souterrain dans les interstices de l'ancienne, qu'elle aurait même, assure-t-on, rendue incandescente en quelques points voisins de la surface.

---

(1) Quelques-uns de ceux que nous avons rencontrés sur la pente du Vésuve mesurent $1^m,50$ sur $0^m,50$ à $0^m,75$.

» Encore aujourd'hui les preuves de chaleur sont manifestes dans l'intérieur de la lave de 1794. Le 23 décembre, l'acide carbonique qui sortait à 12°,3, présentait le 1[er] janvier une température de 20°, et le même jour, à quelques mètres de distance, les émanations qui faisaient bouillonner la mer au contact de cette même lave communiquaient à l'eau une chaleur de 32°,6.

» Mais l'appareil supérieur a repris à son tour une activité nouvelle qu'il a de nouveau perdue.

» Du 22 au 30 décembre, il a vomi des cendres qui ont couvert la contrée sur une épaisseur de 2 ou 3 millimètres, qui sont tombées à Naples, et que j'ai retrouvées à Baja, comme on les retrouverait sans doute à Castellamare.

» Le 28, comme nous étions au sommet du Vésuve, nous fûmes nous-mêmes témoins d'une projection de blocs, dont les plus gros atteignaient un diamètre de 25 centimètres, et dont la chaleur était assez considérable pour brûler cruellement la main imprudente du guide qui nous accompagnait.

» Depuis le 31, le Vésuve, reprenant son apparence accoutumée, laisse échapper sans grande violence de blanches colonnes de vapeur, et cette inaction du cône supérieur a précisément coïncidé avec l'échauffement observé dans la lave de 1794, et la recrudescence des émanations carburées.

» Ne semble-t-il pas qu'il y ait une sorte d'opposition et d'antagonisme entre les fonctions de l'appareil normal et celles de l'appareil adventif? Antagonisme que j'ai déjà reconnu, vous vous le rappelez sans doute, dans les circonstances qui ont accompagné ou suivi la grande éruption de 1855.

» Mais ceci nous amène naturellement à traiter des phénomènes que présente actuellement le centre commun de toutes les fissures, le cratère central. Je ne veux pas encore ajouter à cette Lettre déjà bien longue, et je me propose de le faire dans une prochaine, où je vous dirai aussi ce que j'ai observé sur la lave, complément nécessaire de l'appareil adventif dans toute éruption importante.

» *P.-S.* Je joins cinq petites photographies prises à Torre del Greco et qui représentent les constructions détruites par le soulèvement du sol, la fontaine publique avec son dégagement d'acide carbonique, et les émanations carburées qui se font jour en mer.

» J'espère avant peu pouvoir mettre sous les yeux de l'Académie des épreuves plus intéressantes et exécutées sur une plus grande échelle. »

ASTRONOMIE. — *Parallaxes et vitesses de deux nouveaux bolides;* par M. PETIT.

« De nombreuses analyses ont fait connaître la constitution chimique de l'aérolithe qui causa tant d'émoi, le 9 décembre 1858, dans diverses communes de la Haute-Garonne. Bien que la résistance de l'air eût sans doute profondément modifié la marche de ce météore lorsqu'il fut aperçu traversant les basses régions de l'atmosphère, j'ai pensé que la détermination approchée de la vitesse et de la hauteur pendant les quelques secondes que dura son apparition pourrait présenter encore un certain intérêt. Malheureusement les observations offrent entre elles de nombreuses divergences. Aussi n'est-ce pas sans une longue et délicate discussion que j'ai pu parvenir à les faire passablement concorder. J'aime à dire que ces observations ont été relevées, avec la complaisance la plus empressée, par M. l'abbé Laffont, vicaire à Aurignac, et par M. Chaton, habile horloger de Saint-Gaudens.

» Voici les résultats que j'ai déduits des diverses indications dont il m'a été possible de disposer :

» Vitesse (par seconde) apparente et sensiblement horizontale du bolide pendant que ce corps passait, en détonant, au-dessus des communes de Muret, de Longages, d'Aurignac, de Montrejeau, etc. . . . . 5200 mètres.

» Distance du bolide à la Terre pendant la durée (quelques secondes) des explosions. . . . . 25000 mètres.

» Avec ces données, il serait possible, à la rigueur, de remonter à l'origine cosmique du météore et de rechercher quelle était sa vitesse absolue dans l'espace, ainsi que la nature de la trajectoire qu'il parcourait avant de passer au voisinage de la Terre. Sans prétendre obtenir, en effet, des valeurs rigoureuses, on peut généralement arriver, par une discussion convenable, à des valeurs *limites*, susceptibles de fournir d'intéressantes conclusions. J'avoue cependant que je ne me suis pas senti le courage d'entreprendre une pareille recherche dans les conditions où le bolide du 9 décembre 1858 s'est montré, et peut-être aussi parce que des occupations très-absorbantes m'ont, depuis quelques années, momentanément éloigné de ce genre d'études. Je me bornerai donc à donner aujourd'hui, comme nouveau supplément au trop petit nombre d'indications générales dont on dispose, les résultats que je viens de faire connaître. J'ajouterai seulement que le bolide laissa après lui une épaisse traînée de vapeur qui persista, d'après M. Cha-

ton, pendant plus de *douze* minutes, et ne se dissipa qu'en s'élevant graduellement dans l'air. J'ajouterai également que pendant la marche du météore à travers les nuages, on ne cessa d'entendre de violentes détonations, qui correspondaient sans doute chacune à des explosions partielles et à des émissions de fragments ; qu'au moment de la plus forte de ces explosions, le bolide parut s'arrêter quelques instants, puis éclater et jeter en tous sens de nombreux aérolithes qui durent aller tomber avec fracas dans diverses localités ; enfin, que l'un des plus gros fragments se dirigea de l'ouest vers l'est, et par le zénith de la petite ville de Saint-Gaudens, à peu près perpendiculairement à la marche qu'avait précédemment suivie le bolide.

» Je saisis l'occasion de donner, sur un second météore, quelques résultats analogues aux précédents. Ce météore fut aperçu dans la soirée du 13 septembre 1858 par M. le baron de La Haye (*Compte rendu* du 20 septembre suivant), allant du *sud-est* au *nord-ouest*, en passant par le zénith de Hédé. M. de La Tremblais, ancien sous-préfet du Blanc, à l'obligeance duquel j'ai déjà dû fréquemment de précieuses indications, ayant bien voulu, cette fois encore, me communiquer des observations qu'il avait faites à Paris, j'ai obtenu pour les hauteurs et pour la vitesse du bolide, au moment de l'apparition, les nombres suivants :

» Hauteur de la trajectoire, sensiblement horizontale, au-dessus de la Terre. . . . . 222 kilomètres.

» Vitesse apparente du bolide en une seconde. . . . 29 kilomètres.

» D'où il paraît résulter, conformément à ce que d'autres bolides avaient déjà fait connaître, que celui du 13 septembre 1858 aurait brillé d'un vif éclat bien en dehors des limites attribuées généralement à notre atmosphère ; ce qui donnerait à penser, ainsi que semblent l'indiquer d'ailleurs les observations crépusculaires recueillies dans les régions équatoriales, qu'en effet la hauteur des dernières couches atmosphériques dépasse de beaucoup celle qui résulte des observations recueillies dans les latitudes élevées.

» Je bornerai là, pour le moment, les détails relatifs au bolide du 13 septembre 1858, me réservant, s'il y a lieu, de compléter plus tard, par de nouvelles indications, l'histoire de ce bolide. »

MÉMOIRES LUS.

EMBRYOGÉNIE. — *Mémoire sur les globules polaires de l'ovule et sur le mode de leur production;* par **M. Ch. Robin.**

(Renvoi à l'examen de la Section d'Anatomie et de Zoologie.)

« Parmi les premières phases de l'évolution embryogénique, il en est un certain nombre qui, entrevues ou ignorées jusqu'à présent, ont été considérées comme d'une importance secondaire et même comme peu dignes d'être rattachées à celles qui les précèdent ou qui leur succèdent. Ce point de vue est acceptable à quelques égards, en ce que ces phénomènes ne sont pas aussi frappants que les autres pour l'œil de l'observateur, et ne portent que sur une portion de la masse embryonnaire. Mais lorsqu'on vient à les considérer sous les rapports de leur similitude d'un animal à l'autre, et de leur succession chez un même être, leur valeur devient promptement saisissable. On voit alors que tel acte qui en lui-même paraissait pouvoir être négligé, est la condition essentielle de l'accomplissement de quelque autre beaucoup plus manifeste qui lui succède; on voit que l'exacte interprétation de celui-ci ne saurait être donnée sans une connaissance précise du premier; car en le négligeant on interrompt artificiellement la continuité des faits, et cela dans une série de phénomènes où précisément la discontinuité ne se rencontre nulle part, et ne peut être déterminée sans amener la mort. C'est là un fait de même ordre que celui que nous dévoile le développement des éléments organiques, lorsqu'il nous montre que certaines dispositions embryonnaires précèdent et préparent chacune des dispositions anatomiques définitives de nos tissus, mais pourtant sans prendre part d'une manière directe à leur constitution. Les unes succèdent aux autres sans les reproduire; elles ont avec les premières, qui préparent en réalité leur avénement, des relations de succession mais non de similitude.

» Comme exemples à l'appui de ces remarques je citerai les changements de volume, de forme et d'arrangement des granules qui constituent le vitellus, changements consécutifs à la fécondation et sur lesquels je reviendrai dans un prochain travail, car ils sont une des conditions de la génération des cellules du blastoderme. Je signalerai enfin comme condition de l'apparition des cellules blastodermiques la production des *globules polaires*, qui elle-même est consécutive à l'issue de l'œuf hors de l'ovaire ou ovulation. L'examen de ce phénomène sera le but essentiel de la communication que j'ai l'honneur de faire à l'Académie.

» Sous les noms de *globule muqueux, huileux* ou *transparent, de corpuscule hyalin*, etc., etc., la plupart des embryogénistes ont signalé, depuis M. Dumortier, l'apparition d'un globule translucide sur les côtés de l'embryon. Une fois produit, il reste sous la membrane vitelline, étranger aux phénomènes qui se passent près de lui, et il est abandonné avec l'enveloppe précédente lors de l'éclosion. Devenu inutile en effet aussitôt même qu'il est formé, sa production a préparé le début de la segmentation du vitellus; elle a préparé par suite les actes essentiels de la génération des cellules du blastoderme, puisque c'est à cette génération que conduit le fractionement du vitellus.

» Le point même de la surface du vitellus où naissent ces globules marque, quelques heures d'avance, le pôle du vitellus qui va se déprimer, puis se creuser d'un sillon de division devenant peu à peu équatorial; de là le nom de *globules polaires* qui doit leur être donné. C'est aussi le point où apparaîtra plus tard l'extrémité céphalique. Ce point indique en un mot l'endroit où va commencer la segmentation, ainsi que l'a déjà noté Leuven pour les animaux chez lesquels elle a lieu.

» Faute d'avoir suivi les phases de l'évolution des globules polaires, beaucoup d'hypothèses contradictoires ont été émises et règnent encore sur le nombre de ces globules, sur l'époque de leur production et sur leur nature. Les uns ont, avec M. Dumortier, admis à juste titre que le globule polaire se produit avant la segmentation du vitellus; d'autres ont pensé à tort qu'il ne se montrait qu'après la formation du blastoderme lors de l'apparition de ce qu'on a appelé *la fente mamelonnaire* chez les Mollusques. La plupart des auteurs ont supposé qu'il était formé par l'issue de la vésicule ou de la tache germinative; mais celle-ci a disparu depuis longtemps lorsque naissent ces globules; d'autres, se rapprochant plus de la vérité, sont portés à admettre, avec MM. Coste et de Quatrefages, qu'il doit provenir de la substance hyaline qui unit entre elles les granulations du vitellus, de l'intérieur duquel il s'échapperait. Quelques-uns enfin ont admis que ce corpuscule était de nature graisseuse; mais je me suis assuré que, malgré son fort pouvoir réfringent, sa teinte bleuâtre ou jaunâtre, il était de nature albuminoïde, même chez les Poissons.

» Par des observations répétées dans les conditions les plus variées, je suis arrivé à reconnaître que chez les animaux dont le vitellus se segmente après la ponte, c'est de quatre à six heures après celle-ci que commencent à naître les globules polaires, c'est-à-dire de douze à vingt-quatre heures après

la disparition de la vésicule germinative. La durée des phénomènes de leur production est de deux heures et demie à trois heures et demie, et c'est environ deux heures après leur achèvement que débute la segmentation.

» Le mode d'après lequel naissent les globules polaires est des plus remarquables, et, malgré de nombreuses recherches bibliographiques sur ce sujet, je n'ai trouvé aucun auteur qui l'ait mentionné. Il est essentiellement caractérisé par une véritable gemmation de la substance limpide du vitellus, suivi d'un resserrement, puis de la division transversale de la base de ce prolongement. Ce phénomène débute par le retrait des granules du vitellus sur une portion circulaire de la surface large de 5 centièmes de millimètre ou environ, de manière à laisser la substance hyaline complétement seule et translucide. Cette particularité est surtout frappante sur les espèces dont le vitellus est très-opaque, comme chez les Mollusques. Au bout de quelques minutes, cette portion transparente forme une saillie hémisphérique, puis conoïde. Sa base se resserre, ce qui lui donne momentanément la forme d'un cylindre large de 2 centièmes de millimètre environ sur une longueur double; mais bientôt ce resserrement cause un véritable étranglement de cette saillie devenue ainsi pyriforme, au niveau de sa jonction avec le vitellus; elle se sépare rapidement de ce dernier par un plan de division transversal, tout en lui restant contiguë.

» Pendant les quinze à vingt-cinq minutes que durent ces phénomènes, le vitellus est le siége de déformations lentes, mais aussitôt après il reprend sa forme sphérique. Au bout de quelques instants le phénomène précédemment décrit se renouvelle une seconde fois de la même manière chez les Mollusques; puis une troisième fois chez la plupart des autres espèces animales; et même une quatrième fois sur quelques œufs des *Glossiphonies* et des *Chironomes*. Chez les animaux dont le vitellus ne remplit pas complétement la membrane vitelline, comme chez les *Néphélis*, il y a des œufs sur lesquels le prolongement de la substance claire forme de prime abord un long cylindre, qui se resserre, puis se segmente transversalement en trois endroits de sa longueur, de manière à se diviser ainsi en trois globules polaires. Quelquefois il se divise en deux globules seulement, mais alors il en naît un troisième de la manière décrite plus haut.

» Ces globules, comme les prolongements limpides dont ils dérivent, sont pleins, sans paroi distincte de leur cavité, et le petit nombre de granules vitellins qui passe dans leur épaisseur n'y montre aucune trace de mouvement brownien.

» Après l'achèvement du dernier de ces deux à quatre globules polaires,

et parfois même avant, on y voit survenir un phénomène des plus curieux qui n'a pas encore été noté. Il est caractérisé par la réunion successive de deux ou quatre globules en un seul qui persiste jusqu'à l'éclosion, et dans lequel apparaissent une cavité distincte de la paroi sur quelques espèces, ou bien de un à trois noyaux, ou quelquefois enfin des granules qui n'existaient pas dans le principe. Cette réunion s'accomplit de deux manières : le premier apparu des globules restés contigus diminue graduellement de volume jusqu'à disparition complète, en l'espace de vingt à trente minutes, et cela sous les yeux de l'observateur; l'autre globule grandit d'autant. Il y a passage lent, molécule à molécule, de la substance de l'un dans la masse de l'autre, au point même de leur contiguïté qui est quelquefois légèrement prolongé en cône. S'il y a plus de deux globules polaires formés, ce phénomène se répète de l'un à l'autre jusqu'à ce qu'il n'y en ait plus qu'un qui reste contigu au vitellus. Sur d'autres œufs ce même fait a lieu par coalescence d'un globule avec celui qu'il touche; de telle manière que leur point de contact devient un plan qui s'agrandit de plus en plus jusqu'à ce qu'il y ait ainsi fusion de l'un avec l'autre. C'est peu d'instants après la réduction des globules polaires à un seul que débute la segmentation; parfois même elle commence avant que cette fusion soit achevée.

» Les Mollusques offrent une particularité importante à noter à cet égard, parce qu'elle ne se rencontre pas chez les autres animaux. Elle consiste en ce qu'au moment du début de la segmentation, après la réunion des globules polaires à un seul, il en apparaît un autre un peu plus gros qui soulève le précédent, et qui réfracte plus fortement la lumière. De là vient que chez les Mollusques on trouve toujours deux globules polaires accolés l'un à l'autre sur les côtés de l'embryon, au lieu d'un seul qui existe chez les autres animaux. Ce deuxième globule polaire de l'œuf des Mollusques s'élève tout formé de la profondeur de la substance vitelline superficielle dont il écarte les granulations, sans être annoncé par un espace clair dû au retrait de celles-ci comme au début de la formation des autres. Il soulève en même temps, à la surface du vitellus, une très-mince pellicule translucide d'apparence muqueuse, au-dessous de laquelle s'accomplissent tous les phénomènes de la segmentation. Cette pellicule est repoussée avec les globules polaires plus ou moins loin de l'embryon lorsque les cils vibratiles déterminent les mouvements de gyration. Sur les ovules non fécondés ce dernier globule polaire, non plus que la mince pellicule qu'il soulève, ne se produisent pas et aucun phénomène de segmentation n'a lieu chez les Mollusques d'eau douce, mais quelques-uns ont lieu chez les Mollusques marins. Les

globules polaires nés par gemmation apparaissent seuls, mais leur réunion en un globule unique n'a pas lieu, et ils restent distincts, contigus l'un à l'autre.

» En résumé, c'est par le mode de reproduction des éléments anatomiques, appelé *gemmation* et s'opérant à l'aide et aux dépens de la substance hyaline du vitellus, que naissent les *globules polaires*. Chez tous les vertébrés et beaucoup d'invertébrés leur apparition est suivie de la segmentation du vitellus qui a pour conséquence la formation du blastoderme, sur les côtés duquel le globule polaire reste comme un corps étranger à l'évolution fœtale. Mais il est des animaux tels que les *tipulaires-culiciformes*, chez lesquels, fait remarquable, le vitellus ne se segmente pas et toutes les cellules de leur blastoderme naissent par gemmation à la manière des globules polaires chez les autres animaux. De telle sorte que ce mode de production des cellules embryonnaires, qui est limité à un seul point du vitellus sur le plus grand nombre des êtres, devient chez divers Diptères le mode général d'apparition des éléments du blastoderme ; au contraire la segmentation du vitellus, considérée comme un phénomène sans exception dans le règne animal, est remplacée dans quelques tribus par un autre mode de génération des cellules. Mais ce fait, resté jusqu'à présent ignoré, offre trop d'importance pour la zoologie et l'anatomie comparée, pour que je ne demande pas à l'Académie de vouloir bien me permettre d'en faire prochainement l'objet d'une communication spéciale. »

ZOOLOGIE. — *Mémoire sur la reproduction du corail;*
par **M. DE LACAZE DU THIERS.**

(Renvoi à l'examen de la Section d'Anatomie et Zoologie.)

« Chargé par M. le Ministre et plus tard par M. le Gouverneur général de l'Algérie de faire des recherches sur l'histoire naturelle du corail, en vue de réglementer la pêche, j'ai passé près d'une année sur les côtes d'Afrique à étudier la reproduction des zoophytes en général et celle du corail en particulier. Je demande la permission à l'Académie de mettre sous ses yeux quelques-uns des résultats que j'ai obtenus.

» *Comment se reproduit le corail?* Telle était la première question qui m'était posée.

» Pour la résoudre, il fallait évidemment d'abord apprendre à connaître les sexes, afin de prendre l'œuf à son origine et de le suivre jusqu'au moment où il forme ces rameaux seuls connus dans le commerce.

» Une branche vivante de corail est une véritable colonie ou association

d'animaux ou polypes solidaires les uns des autres, mais jouissant cependant d'une activité vitale propre et à bien des égards indépendante. Les individus de cette colonie sont (pour ne nous occuper ici que de la reproduction) tantôt mâles, tantôt femelles, tantôt hermaphrodites. En un mot, ils ont des glandes génitales réunies ou séparées. Mais on observe ordinairement que les individus d'un sexe l'emportent en nombre dans une même branche sur ceux d'un autre sexe. Ainsi tel rameau renferme presque exclusivement des polypes mâles, tel autre des polypes femelles. Quant aux individus hermaphrodites, ils semblent relativement moins nombreux. Il y a donc une grande irrégularité dans la distribution des glandes sexuelles.

» On doit conclure de ces faits que la fécondation se passe dans des circonstances bien différentes; que tantôt elle est directe dans un même polype, que tantôt elle est indirecte, et qu'elle s'effectue entre des individus d'une même branche, ou de branches distinctes et éloignées.

» Ici se présente un mode de fécondation qu'on retrouve dans les mollusques soit hermaphrodites, soit à sexes séparés, dont la coquille est fixée. Les courants sont à ces animaux ce que sont les vents aux plantes dioïques; l'eau porte aux uns la semence des mâles, comme l'air porte aux autres le pollen des étamines.

» Il suffit d'avoir mis en observation du corail bien vivant pour voir avec la plus grande netteté les individus mâles lancer des jets d'un liquide blanc qui forme des nuages au milieu de l'eau, et qui renferme les éléments caractéristiques du sexe.

» Les capsules séminales et les capsules ovigères sont difficiles à distinguer sous la loupe : elles se ressemblent en effet beaucoup. Le microscope seul lève tous les doutes en montrant, dans les œufs, la tache et la vésicule germinatives, les granulations vitellines, et, dans les capsules séminales, les spermatozoïdes et les cellules qui les produisent.

» Les œufs et les testicules sont d'un beau blanc de lait. Les premiers sont opaques, les seconds sont un peu transparents. Après la mort, ceux-ci restent blancs, tandis que ceux-là jaunissent : alors on les distingue aisément.

» C'est à la base des replis intestiniformes et au-dessous d'eux, dans la lame mince qui les unit aux parois du corps, que les glandes génitales sont placées et que l'on trouve les produits de leur sécrétion. Ceux ci, en se développant, font saillie à l'extérieur des lames et paraissent attachés par de longs et grêles pédicules. Lorsqu'ils se séparent, c'est par la rupture du pédicule, et ils tombent dans la cavité générale. Or c'est dans cette cavité, où

va se transformer l'œuf après la fécondation, que s'accomplit la digestion. On voit donc qu'une même poche sert à la fois d'*estomac* et de *poche d'incubation*, et que dans son intérieur deux matières peuvent, à côté l'une de l'autre, l'une se dissoudre, l'autre s'accroître, se développer et produire un être nouveau.

» Cette particularité ne peut manquer de frapper les physiologistes; car, loin d'être une exception, elle semble être une condition générale de la reproduction dans la classe des Coralliaires.

» *Que devient l'œuf après sa fécondation ?*

» C'est avec la plus grande difficulté que je suis parvenu à observer ce qui se passe. Installé à la Calle, dans un local très-convenable, j'ai vu mourir pendant les trois mois de juin, juillet et août, tout le corail qu'on m'apportait. A la fin de mai et au commencement de juin, j'avais obtenu la ponte d'un beau rameau; malheureusement des circonstances indépendantes de ma volonté me firent perdre tous les bénéfices de cette première observation. Après cette époque, le corail, rapporté des lieux de pêche par moi-même et avec les plus grands soins, se couvrait en quelques heures d'une épaisse couche de moisissure.

» Jugeant par analogie, d'après ce que j'avais vu chez les Polypiers proprement dits et les Gorgones, je pris le parti, vers le milieu d'août, de m'embarquer à bord d'un balancelle coraline et d'ouvrir tout le corail vivant rapporté par les filets. J'espérais faire naître avant terme les jeunes polypes et éviter leur mort, conséquence forcée de la mort de leur mère. Cela m'avait toujours réussi pour les Gorgones, les Alcyons et les Astroïdes. Pendant le temps que je passai à la mer, je recueillis une énorme quantité d'œufs, mais tous moururent. Je désespérais presque de réussir, lorsque enfin, le 4 septembre, quand la température se fut un peu abaissée, j'obtins des jeunes très-vivaces dont je pus suivre toutes les transformations.

» L'œuf, primitivement nu et sphérique, s'allonge et se couvre de cils vibratiles en se développant. Il se creuse d'une cavité qui s'ouvre au dehors par un pore destiné à devenir la bouche. Alors il prend la forme d'un véritable petit ver blanc.

» Rien n'est curieux comme ces jeunes animaux, dont l'agilité est encore assez grande, qui nagent en tous sens en s'évitant quand ils se rencontrent, qui montent et descendent dans les vases où on les recueille, en avançant toujours l'extrémité opposée à la bouche la première!

» Quand on les change d'eau, ou quand ils sortent de la poche d'incubation de leur mère, ils s'allongent surtout beaucoup et leur agilité augmente. C'est à ces moments que je me plaisais à les montrer aux pêcheurs,

naturellement assez incrédules, mais qui s'en allaient tous convaincus, et surtout fort étonnés.

» Ainsi par ces premières observations les questions relatives à la reproduction se trouvent résolues, et il reste établi : que les sexes peuvent être séparés sur des branches distinctes ou sur des individus d'un même rameau et qu'ils sont quelquefois réunis dans un même polype; que l'incubation se passe dans la cavité digestive où a eu lieu la fécondation; que par conséquent le corail est vivipare; que ses petits sortent de son corps par sa bouche et qu'ils ressemblent à des vers, se mouvant avec agilité en avançant à reculons.

» Or chaque branche de corail a pour origine un de ces petits vers blancs; j'aurai donc l'honneur, si l'Académie veut bien me le permettre, de lui présenter dans une prochaine communication les résultats des observations qui montrent avec la dernière évidence quels changements éprouvent ces petits êtres vermiformes et libres, pour devenir des colonies arborescentes d'individus soudés et fixés. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

HYDRAULIQUE. — *Sur une nouvelle roue verticale à tuyaux plongeurs et à lames liquides oscillantes dans les biefs d'amont et d'aval; Note de* **M. A. de Caligny.**

(Renvoi à l'examen de la Section de Mécanique.)

« Cette roue se compose d'un tambour portant extérieurement un anneau creux de section rectangulaire, partagé en plusieurs tuyaux par des aubes perpendiculaires à l'axe, en amont et en aval de chacune desquelles des orifices rectangulaires sont disposés sur la surface courbe extérieure de cet anneau, de sorte que chacun de ces tuyaux est percé latéralement à ses deux extrémités, qui doivent être bouchées en temps utile par un coursier inférieur où elles viennent s'engager successivement. Cette roue formant elle-même une partie du barrage, comme les anciennes roues à pression, se présente latéralement à l'eau du bief supérieur, qui entre par l'extrémité inférieure de chaque tuyau partiel, dont le sommet achève au besoin de se remplir par son immersion dans ce même bief.

» Quand l'orifice inférieur de ce tuyau s'engagera dans le coursier dont on vient de parler, il y aura un étranglement momentané donnant lieu à une perte de force vive dont la limite est facile à calculer. Mais par suite de la diminution de pression intérieure qui en résultera, la colonne liquide

contenue dans le tuyau partiel prendra de haut en bas la vitesse nécessaire, afin qu'il n'y ait pas, pour certaines proportions du tuyau, de percussion bien sensible à l'époque où son orifice inférieur sera masqué par ce coursier. Jusqu'ici les effets paraissent analogues à ceux des anciennes roues hydrauliques à pression coulant à plein coursier, mais les aubes, *protégées* en amont et en aval par les espèces de tuyaux qui les séparent, ne viendront plus frapper l'eau du bief supérieur en s'y enfonçant, et ne rencontreront plus que peu de résistance dans l'eau du bief d'aval.

» Au lieu d'occasionner un jaillissement de l'eau du bief supérieur en y pénétrant avec une certaine vitesse, cette roue donnera lieu à une espèce de frottement latéral. Il est à peine nécessaire d'ajouter que les aubes qui séparent les tuyaux doivent être disposées convenablement en dessus et en dessous pour éviter autant que possible les déviations des filets liquides, et que ce sera d'ailleurs un des cas où l'on pourra appliquer le système des lames concentriques dont je me suis servi pour diminuer la résistance de l'eau dans les coudes (voir les *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XLI, p. 328); il est évident aussi que, dans le sens du rayon de la roue, la profondeur du tuyau devra ne pas dépasser certaines limites, mais qu'il sera bon que chaque tuyau partiel ait toute la longueur possible que permettra le diamètre de la roue.

» Quand ce tuyau est dégagé du coursier précité, il peut être entièrement plongé dans l'eau du bief d'aval. La vitesse de la roue étant supposée à peu près uniforme, quand l'extrémité devenue supérieure du tuyau dont il s'agit sort du bief d'aval, l'eau contenue dans ce tuyau tend à monter dans la partie qui s'immerge. Mais elle ne peut y monter, en vertu de sa vitesse acquise, qu'en perdant une partie de cette vitesse. Il faut donc qu'une certaine quantité d'eau soit abandonnée au bief d'aval par l'autre extrémité, devenue inférieure et ayant un orifice latéral d'une grandeur convenable.

» Si les vitesses et les longueurs des tuyaux partiels sont calculées selon certaines lois, on conçoit que la colonne liquide dont il s'agit peut avoir le temps d'osciller de manière que, par leur mode d'action, les pressions latérales rentrent dans le système de celles qui se présentent dans les expériences que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie le 18 octobre 1841 (voir les *Comptes rendus*, t. XIII, p. 830, et t. XLI, p. 491), et qui ont été l'objet d'un Mémoire, suivi d'une Note de M. Combes, publiée dans le *Journal de Mathématiques* de M. Liouville, t. VIII, p. 23.

» On croyait que les roues du genre des roues de côté coulant à plein

coursier ne pouvaient utiliser une partie de la vitesse de sortie de l'eau au bief d'aval que pour les cas où l'eau de ce bief ne recouvrait point la veine de sortie donnant alors lieu dans le coursier à des effets depuis longtemps signalés. Or il résulte des considérations que je viens de rappeler, qu'il doit être facile de réaliser pratiquement, pour des roues verticales profondément immergées à leur partie inférieure, l'épargne d'une partie de la force vive perdue jusqu'à présent au bief d'aval dans les anciens systèmes ainsi immergés, l'état d'oscillation ayant, dans certaines hypothèses, la propriété de diminuer la moyenne des pressions latérales, de manière à la rendre moindre que la pression hydrostatique de l'eau du bief d'aval. On conçoit d'ailleurs, même abstraction faite de ces considérations, que si le tuyau partiel était vidé par oscillation jusqu'à une certaine profondeur au-dessous du niveau du bief d'aval, l'eau de ce bief ne pourrait rentrer que dans une capacité fuyant devant elle; et que d'ailleurs elle y produirait un effet analogue, jusqu'à un certain point, à celui de l'eau qui entre de l'extérieur à l'intérieur de certaines roues à réaction, en donnant lieu à une diminution de pression par l'effet même de sa vitesse.

» Quant à ce que j'ai dit de la manière dont les choses se passeront dans le bief d'amont à l'époque où le tuyau partiel s'engagera dans le coursier inférieur, quoique, d'après les indications du calcul, il ne paraisse pas qu'on doive en général s'en préoccuper d'une manière bien sérieuse pour certaines proportions des tuyaux partiels, il n'est cependant pas sans quelque intérêt de conserver au moins les traces d'une combinaison ayant pour but de supprimer l'effet momentané de cet étranglement, quoique dans l'état actuel de l'hydraulique on ne connaisse pas assez quelques détails des résistances passives, notamment dans les contractions de la veine liquide pour ce cas.

» Je suppose que chaque tuyau partiel soit momentanément bouché à l'extrémité qui est inférieure, quand il s'enfonce dans l'eau du bief d'amont. On conçoit que, dans certaines conditions, si cette extrémité est ensuite subitement débouchée à une profondeur convenable au-dessous du niveau de ce bief, l'eau s'élancera de bas en haut, aura le temps de monter au-dessus de ce même niveau jusqu'à l'extinction de sa vitesse; qu'alors le tuyau marchant de haut en bas plus vite que cette eau qui tend à redescendre, il se produira les effets suivants. La colonne liquide tendra ainsi à prendre d'elle-même la vitesse de la roue, pendant qu'il continuera à entrer dans le bas de ce tuyau des quantités d'eau diminuant de plus en plus jusqu'à ce qu'elles soient sensiblement nulles lorsque la vitesse de la colonne liquide intérieure sera devenue égale à celle de la roue, et que le sommet du

tuyau partiel aura en descendant atteint le sommet de cette colonne liquide. Pour réaliser cette idée dans les limites où elle peut l'être sans complication, on disposerait extérieurement à la roue dans le bief d'amont une surface courbe fixe pour chaque niveau, formant une sorte de coursier entièrement immergé, permettant d'abord à l'eau d'entrer un peu au bas du tuyau partiel, interrompant ensuite cette introduction jusqu'à une profondeur convenable, et permettant ensuite de démasquer très-vite, mais *successivement*, chacune des lames courbes concentriques de l'orifice inférieur de ce tuyau, sans empêcher le sommet de ce tuyau d'achever de se remplir au besoin par son immersion dans le bief supérieur.

» En résumé la nouvelle roue à tuyaux a pour but de modifier les anciennes roues à pression coulant à plein coursier, de manière à leur permettre de marcher plus vite quand elles sont assez profondément immergées. En la communiquant verbalement à la Société Philomathique de Paris, en 1845 et 1849, je n'ai pas ainsi développé les principes sur lesquels je désire surtout attirer l'attention dans cette Note, et qui permettent de montrer comment on peut appliquer un mode d'action des oscillations dans le bief d'aval, que j'avais présenté sous un autre point de vue, notamment dans le *Journal de Mathématiques*, de M. Liouville. La possibilité de cette application montre une fois de plus l'utilité de recherches en apparence d'abord purement spéculatives. »

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la composition de quelques terres arables ; par* M. **Deherain**.

(Commissaires, MM. Dumas, Payen.)

« Tandis que certaines terres du nouveau monde et de la Russie peuvent produire indéfiniment sans recevoir aucun engrais, la plupart des sols de notre pays cesseraient rapidement de donner des récoltes rémunératrices, si les fumiers ne s'y succédaient régulièrement. J'ai pensé qu'une étude analytique attentive de sols si différents quant aux résultats produits pourrait peut-être nous éclairer sur les causes encore assez obscures de ces fertilités différentes, et M. Decaisne ayant bien voulu mettre à ma disposition des échantillons des terres noires de la Russie, et d'une terre d'alluvion déposée par le Rio-Parana (Amérique du Sud), j'en ai entrepris l'analyse. En même temps j'exécutais celle d'une terre d'une fécondité moyenne prise sur le plateau de la Brie, dans le département de Seine-et-Marne, espérant mieux saisir, par la comparaison, les causes des différences de valeur qui existent entre ces sols.

» Nous avons d'abord recherché la composition physique de ces terres, en y dosant l'argile et le sable et en prenant la densité; on a trouvé ainsi (1) :

	TERRE NOIRE DE RUSSIE. TCHORNOIZEM.		TERRE DU PARANA. (Amérique du Sud.)	TERRE DES CHAPELLES-BOURBON. (Seine-et-Marne.)
	N° 1.	N° 2.		
Sable..........	496	202	675	205
Argile	504	798	325	795
Densité.........	1,266	1,186	1,034	1,226

» On a fait ensuite l'analyse élémentaire, on a trouvé dans un kilogramme de terre sèche :

DÉSIGNATION DES MATIÈRES DOSÉES.	TERRE NOIRE DE RUSSIE TCHORNOIZEM.						TERRE DU PARANA.			TERRE DE LA BRIE. CHAPELLES-BOURBON.		
	N° 1.			N° 2.			ANALYSES.		MOYENNE.	ANALYSES.		MOYENNE.
	ANALYSES.		MOYENNE.	ANALYSES.		MOYENNE.						
	N° 1.	N° 2.		N° 1.	N° 2.		N° 1.	N° 2.		N° 1.	N° 2.	
Azote (des matières organiques)........	g 0,524	g »	g 0,524	g 2,093	g 1,925	g 2,009	g 1,840	g 2,000	g 1,920	g 0,888	g »	g 0,888
Carbone (des matières organiques)........	»	»	»	22,999	»	22,999	»	»	»	7,208	»	7,208
Acide phosphorique...	0,570	»	0,570	1,546	1,295	1,420	1,140	»	1,140	0,900	»	0,900
Chaux...............	4,974	5,373	5,273	7,527	7,500	7,513	3,252	4,760	4,006	4,548	4,210	4,374
Magnésie............	3,823	»	3,823	3,403	»	3,403	»	»	»	5,038	»	5,038
Oxyde de fer.........	»	»	»	18,700	19,400	19,100	»	»	»	17,300	»	17,300
Silice soluble........	0,400	»	0,400	3,840	»	3,840	0,570	»	0,570	»	»	»
Nitrates correspondant à nitrate de potasse..	traces	»	traces	0,027(1)	»	0,027	»	»	»	»	»	»

(1) Ce dosage a été fait par mon collègue au Conservatoire des Arts et Métiers, M. Lhôte, auquel ses travaux dans le laboratoire de M. Boussingault ont donné une grande habileté dans ces recherches délicates; la quantité trouvée est extrêmement considérable.

(1) Les terres avaient été séchées à l'air, on a rapporté l'argile et le sable à ce qu'ils eussent été si les terres avaient été sèches.

» On remarquera d'après ces tableaux que si l'une des terres de Russie se place au premier rang par sa teneur en matières azotées et en acide phosphorique, que si la terre du Parana possède une richesse analogue, la terre des Chapelles arrive avant la seconde terre de Russie.

» Plusieurs des terres d'Alsace analysées par M. Boussingault (1) renferment également plus de matières azotées que les terres noires de Russie ou la terre de Parana ; il est certain cependant que nos terres de France ne produiraient rien sans fumure, tandis que la terre de Russie, après quelques années de repos, peut fournir de nouveau d'abondantes récoltes.

» Si donc l'on classait les terres d'après le poids de principes utiles qui existe dans 1 kilogramme, on arriverait à des conclusions fort erronées.

» C'est qu'il faut tenir compte encore de la masse de la terre, de son épaisseur ; plus elle sera grande, plus les plantes auront d'espace pour étendre leurs racines, plus elles auront chance par conséquent de rencontrer au milieu de la masse énorme de principes utiles que renferment les sols, ceux qui sont *actuellement* assimilables. Cette influence de la masse de la terre arable a été mise en évidence de la façon la plus heureuse par M. Boussingault : tandis qu'une plante cultivée dans un pot où elle ne rencontrait qu'une faible quantité de terre restait chétive comme si elle eût vécu dans un sol stérile, elle végétait vigoureusement lorsqu'elle pouvait étendre ses racines librement dans la même terre (2).

» Il nous faut donc, pour établir la comparaison entre les terres étudiées, rechercher le poids d'un hectare de chacune d'elles et y calculer l'azote, les phosphates, etc., nous verrons alors la différence des fertilités s'accuser par des chiffres de la façon la plus évidente. Nous avons admis pour la terre de Russie une épaisseur moyenne de 3 mètres (3) ; de $3^{m},50$ pour la terre de Parana (4) et de 30 centimètres pour celle des Chapelles.

---

(1) Boussingault, *Agronomie, Chimie agricole*, t. II, p. 14.

(2) Id. ib. t. I, p. 283.

(3) Murchison, *Description géologique de la Russie*, t. I.

(4) Marcos Sastre, *El Tempe Argentino, ó el Deltá de los rios Urugai, Parana y Plata*. 1860.

	TERRE DE RUSSIE. N° 1.	TERRE DE RUSSIE. N° 2.	TERRE DU PARANA.	TERRE DE LA BRIE.
Densité	1,266	1,186	1,034	1,300
Profondeur	3m	3m	3m,50	0m,30
Poids d'un hectare de terre arable	37900k	35850k	25850k	3900k
Poids des matières dosées que renferme un hectare.				
Azote	19901k	71480k	63800k	3521k
Acide phosphorique	21648	50559	38013	3541
Chaux	189912	267312	127395	19722
Magnésie	145297	25012	104665	22713
Charbon		818314		28778
Nitrate de potasse		960		

» Nous voyons d'après ce nouveau tableau que la terre de Russie n° 2 renferme 23 fois plus d'azote, 17 fois plus d'acide phosphorique que la terre des Chapelles ; la terre du Parana donne des résultats analogues, et la terre de Russie n° 1, tout à l'heure la dernière, a repris la troisième place.

» Les matières organiques accumulées dans la terre de Russie sont réellement énormes, ainsi qu'on l'a pu voir d'après le dosage du charbon qui est près de 40 fois plus abondant dans la terre noire n° 2 que dans la terre des Chapelles ; nous nous sommes assuré, en calcinant les terres noires avec du nitre, qu'elles devaient bien leur couleur à des matières organiques.

» Des travaux nombreux ont montré depuis quelques années que les matières azotées ou les phosphates enfouis dans la terre arable n'étaient pas immédiatement assimilables, qu'une faible fraction était seule actuellement soluble. La transformation de ces matières inertes s'exécute sous l'influence des bases, sous celle de l'oxygène atmosphérique, sous celle des carbonates ; j'ai moi-même signalé quelques-unes de ces métamorphoses relatives aux phosphates, il y a quelques années (1). L'oxyde de fer paraît être un des

(1) *Comptes rendus*, t. XLVII, 1858.

agents qui facilitent le plus énergiquement ces transformations; on voit qu'il est abondant dans la terre de Russie.

» Ces sols ne recevant pas d'engrais, les plantes doivent prélever sur son fonds de richesse tout ce qu'elles s'assimilent ; si chaque récolte prélève chaque année plus de matières assimilables que les forces citées plus haut n'en élaborent pendant le même temps, il arrive un moment où la terre est stérile, on l'abandonne alors au repos, à la jachère, dont l'utilité est bien plutôt de laisser le temps aux principes du sol de se métamorphoser en nitrates, en sels ammoniacaux, en phosphates solubles, que de laisser aux agents atmosphériques le loisir d'y apporter de nouveaux principes utiles.

» Ces recherches conduisent donc aux résultats suivants :

» 1° L'analyse chimique ne dévoile pas dans 1 kilogramme de terre de fertilité très-différente, des différences de composition très-considérables.

» 2° L'épaisseur de la couche arable, l'espace dans lequel les racines peuvent se répandre, paraît avoir une influence beaucoup plus considérable sur la fertilité que la richesse même de cette terre.

» 3° Un des plus puissants moyens d'augmenter la fertilité est donc d'augmenter la couche arable par des labours profonds, en les combinant avec des fumures suffisantes pour que la terre conserve toujours la même composition, et qu'elle ne soit pas appauvrie par le mélange du sous-sol. »

Mme DE CORNEILLAN adresse une réclamation de priorité à l'occasion d'une communication qui a été faite à l'Académie, dans la séance du 30 décembre dernier, concernant *le dévidage en soie grége des cocons du ver à soie de l'Ailante*. « Si j'eusse pu prévoir cette communication, dit Mme de Corneillan, j'aurais adressé les détails exacts de la solution d'un problème longtemps cherché et je n'aurais pas à protester aujourd'hui contre l'assimilation faite entre moi et *M. Forgemol*. Mes expériences concluantes et définitives remontent à l'automne de 1860; dès le printemps suivant M. I. Geoffroy-Saint-Hilaire, de regrettable mémoire, M. Guérin-Méneville, M. Marchant, étaient instruits de ma découverte; dès cette époque j'en soumettais les premiers produits à M. Alcan, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, et, éclairée par lui sur l'importance de ma découverte, je pris d'après son conseil un brevet. En juin 1861 j'écrivais au Ministre du Commerce, le 24 juillet et le 6 août à l'Empereur, Lettres très-explicites constatant ma découverte expérimentée et complète. »

Mme de Corneillan n'a connu que par voie indirecte et d'une façon

inexacte la communication qui a provoqué sa réclamation. Ce n'est pas, comme elle le suppose, M. le Secrétaire perpétuel, mais M. Guérin-Méneville qui annonce « que deux personnes viennent de trouver presque simul-» tanément le moyen de dévider les cocons du ver de l'Ailante en soie » grége et continue, savoir Mme la comtesse *de Vernède de Corneillan* et » *M. Forgemol*, médecin à Tournan. »

A la Lettre de Mme de Corneillan sont jointes les copies : 1° d'une Lettre adressée par elle à l'Empereur, 2° d'une Lettre qu'elle a reçue de M. Alcan.

Ces trois pièces sont renvoyées à l'examen de la Commission des vers à soie.

M. **Mercier-Lacombe**, directeur général des services civils en Algérie, annonce que le *câble électrique* immergé au mois de septembre dernier entre Port-Vendre et Mahon pour relier la France à notre colonie africaine, continue à fonctionner d'une manière parfaitement satisfaisante, malgré une déperdition très-notable de fluide. Partant de cette observation, M. Mercier-Lacombe présente des considérations sur le fonctionnement des télégraphes sous-marins et sur certaines circonstances qu'il considère comme des causes non encore soupçonnées de dérangement dans le jeu de ces appareils.

(Renvoi à l'examen de MM. Becquerel et Pouillet.)

M. **Karst** adresse de Nancy une Note concernant un système de chemin de fer. Ce système se distingue principalement par un rail médian que la locomotive saisit entre deux roues horizontales se mouvant en sens inverse comme les rouleaux d'un laminoir.

(Commissaires, MM. Morin, Combes.)

M. **Montel**, qui avait fait une précédente communication relative aux moyens destinés à prévenir les collisions de trains de chemin de fer, adresse, comme complément à cette communication, plusieurs dessins accompagnés de légendes.

(Commissaires, MM. Piobert, Morin.)

M. J. **Lemoine** soumet au jugement de l'Académie un procédé de son invention pour prévenir les fuites du gaz d'éclairage circulant dans les tuyaux de distribution.

(Renvoyé à l'examen de M. Morin.)

Une Note de M. **Bourbouze** sur un appareil pour l'étude des lois de la chute des corps, présentée à la séance précédente, est renvoyée à l'examen d'une Commission composée de MM. Despretz et Delaunay.

M. Milne Edwards est adjoint aux Commissaires précédemment désignés, MM. Flourens, Rayer et Bernard, pour l'examen des communications de MM. **Chauveau** et **Marey** concernant la détermination graphique des rapports du choc du cœur avec les mouvements des oreillettes et des ventricules.

CORRESPONDANCE.

M. **le Ministre d'État**, par une Lettre en date du 10 janvier, approuve l'emploi proposé par l'Académie pour une portion des fonds restés disponibles.

L'Académie impériale des Sciences de Vienne remercie l'Académie pour l'envoi d'une nouvelle série des *Comptes rendus* et lui adresse plusieurs de ses propres publications. (*Voir au Bulletin bibliographique.*)

L'Académie reçoit des Lettres de remercîments de plusieurs auteurs auxquels elle a, dans sa séance publique du 23 décembre 1861, décerné des prix ou des encouragements : MM. **Pasteur** (prix Jecker); **Goldschmidt**, **Luther** (médaille de Lalande); **Block** (prix de Statistique); **de Chastellux** (mention honorable au même concours).

ASTRONOMIE. — *Nouvelle comète. — Dépêche télégraphique de* M. **Otto Struve** *à* M. Le Verrier.

« Saint-Pétersbourg, le 10 janvier 1862.

» Comète télescopique découverte à Poulkova, par Winnecke :
» 8 janvier, 14 heures 21 minutes.
» Ascension droite, 14 heures 35 minutes.
» Déclinaison boréale, 25 degrés 22 minutes.
» Mouvements respectifs, 4 minutes et 4 degrés positifs.

» *Signé :* Otto Struve. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe nouvelle d'équations différentielles et d'équations aux différences finies d'une forme intégrable; par* M. SYLVESTER, de Woolwich.

« Commençons par le cas des différences finies. Représentons par Δ_x le déterminant

$$\begin{vmatrix} u_x & u_{x+1} & u_{x+2} & \ldots & u_{x+i-1} \\ u_{x+1} & u_{x+2} & u_{x+3} & \ldots & u_{x+i} \\ u_{x+2} & u_{x+3} & u_{x+4} & \ldots & u_{x+i+1} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ u_{x+i-1} & u_{x+i} & u_{x+i+1} & \ldots & u_{x+2i-2} \end{vmatrix},$$

et considérons l'équation

(1) $$\Delta_x = C, \ldots,$$

ce qui au fond est aussi général que si nous écrivions $\Delta_x = C\gamma^x$.

» Je dis que l'équation (1) pourra être satisfaite par la même intégrale que celle qui satisfait à l'équation

(2) $$u_x - p_1 u_{x+1} + p_2 u_{x+2} \ldots (-1)^i p_{i-1} u_{x+i} + (-1)^i u_{x+i} = 0$$

($p_1, p_2, \ldots, p_{i-1}$, étant des constantes). Car si cette dernière équation a lieu, on peut dans la permière ligne du déterminant substituer à

$$u_x \quad u_{x+1} \quad \ldots \quad u_{x+i-1}$$

les quantités $(-1)^{i-1} u_{x+i}$, $(-1)^{i-1} u_{x+2}$ ... $(-1)^{i-1} u_{x+2i-1}$

sans changer la *valeur* de ce déterminant.

» Donc on voit immédiatement que Δ_x devient égal à Δ_{x+1}, c'est-à-dire Δ_x sera constant; donc l'intégrale de $\Delta_x = C$ sera

(3) $$u_x = a_1 \alpha_1^x + a_2 \alpha_2^x + \ldots + a_i \alpha_i^x, \ldots,$$

avec la condition $\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_i = 1$. Cette condition est une conséquence de la forme du dernier coefficient $(-1)^i$ dans l'équation (2); de plus une autre condition se présente à cause de la valeur spéciale qu'il faut attribuer à la constante C dans l'équation donnée.

» Pour obtenir cette dernière condition nous pouvons considérer les a et les α comme étant données et C comme une fonction de ces quantités. Or en faisant un quelconque des a égal à zéro, le degré de l'équation (2) s'abaisse d'une unité, c'est-à-dire les i fonctions u_x, $u_{x+i}, \ldots, u_{x+i-1}$ seront liées entre elles par une équation linéaire et conséquemment le déterminant Δ_x s'évanouira. Donc C contient le produit $a_1 a_2 \ldots a_i$ comme facteur. Mais

on trouve aussi, en prenant $x = 0$, C égal au déterminant à i lignes

$$\begin{vmatrix} \Sigma a & \Sigma a\alpha \ldots \Sigma a\alpha^{i-1} \\ \Sigma a\alpha & \Sigma a\alpha^2 \ldots \Sigma a\alpha^i \\ \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots \\ \Sigma a\alpha_{i-1} & \Sigma a\alpha^i \ldots \Sigma a\alpha^{2i-2} \end{vmatrix}$$

qui est du degré i par rapport aux quantités a.

» Donc $$C = a_1 a_2 \ldots a_i \, F(\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_i).$$

» Pour déterminer F, on n'a qu'à supposer

$$a_1 = a_2 = \ldots = a_i = 1,$$

et on obtient immédiatement par un théorème bien connu

$$F = (\alpha_1 - \alpha_2)^2 (\alpha_1 - \alpha_3)^2 (\alpha_2 - \alpha_3)^2 \ldots (\alpha_{i-1} - \alpha_i)^2.$$

» Donc finalement on aura pour l'intégrale complète de l'équation (1) [qui est de l'ordre $(2i - 2)$] le système d'équations

$$(4) \quad \begin{cases} u_x = a_1 \alpha_1^x + a_2 \alpha_2^x \ldots \alpha_i \alpha_i^x, \\ \text{avec les conditions} \quad \alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_i = 1, \\ a_1 a_2 \ldots a_i [(\alpha_1 - \alpha_2)^2 \ldots (\alpha_{i-1} - \alpha_i)^2] = C, \end{cases}$$

système qui contient $(2i - 2)$ constantes, le nombre qu'on doit avoir.

» On peut appliquer cette même méthode à un système d'équations beaucoup plus général. Car si on désigne par $P_1, P_2, \ldots, P_{i-1}$ les fonctions algébriques de $u_x, u_{x+1}, \ldots, u_{x+2i-2}$ qui satisfont au système simultané des $(i - 1)$ équations

$$u_x - P_1 u_{x+1} + P_2 u_{x+2} \ldots - (-1)^i P_{i-1} u_{x+i-1} + (-1)^i u_{x+i} = 0,$$
$$u_{x+1} - P_1 u_{x+2} + P_2 u_{x+1} \ldots - (-1)^i P_{i-1} u_{x+i} + (-1)^i u_{x+i+1} = 0,$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$u_{x+i-2} - P_1 u_{x+i-1} + P_2 u_{x+i} \ldots - (-1)^i P_{i-1} u_{x+2i-3} + (-1)^i u_{x+2i-2} = 0,$$

et si, en conservant à Δ_x la même valeur que dans l'équation (1), on écrit

$$(5) \qquad \Delta_x + \varphi(P_1, P_2, \ldots, P_{i-1}) = 0,$$

il est évident qu'en faisant

$$u_x - p_1 u_{x+1} + p_2 u_{x+2} \ldots - (-1)^i p_{i-1} u_{x+i-1} + (-1)^i u_{x+i} = 0,$$

Δ_x sera égal à Δ_{x+1} et φ sera toujours constant, car on aura

$$P_1 = p_1, \quad P_2 = p_2, \ldots, \quad P_{i-1} = p_{i-1}.$$

» Donc l'équation (5) sera satisfaite par l'intégrale

$$(6)\left\{\begin{array}{l} u_x = a_1\alpha_1^x + a_2\alpha_2^x + \ldots + a_i\alpha_i^x, \\ \text{avec les conditions} \quad \alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_i = 1, \\ (a_1a_2\ldots a_i)(\overline{\alpha_1-\alpha_2}^2\,\overline{\alpha_1-\alpha_3}^2\,\overline{\alpha_2-\alpha_3}^2\ldots\overline{\alpha_{i-1}-\alpha_i}^2) \\ \qquad + \varphi(\Sigma\alpha_1, \Sigma\alpha_1\alpha_2, \ldots, \Sigma\alpha_i - \alpha_{i-1}) = 0. \end{array}\right.$$

» Passons au cas de la forme analogue des équations différentielles. En supposant y une fonction de x, j'écrirai $\frac{d^iy}{dx^i} = y_i$ et je nommerai $D_x^i y$ le déterminant

$$\left|\begin{array}{lllll} y & y_1 & y_2 & \ldots & y_{i-1} \\ y_1 & y_2 & y_3 & \ldots & y_i \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ y_{i-1} & y_i & y_{i-1} & \ldots & y_{2i-2} \end{array}\right|.$$

» Considérons d'abord l'équation

$$(7) \qquad D_x^i y = C.$$

Sans prendre la peine de passer par les moyens connus du cas des différences finies à des différences infiniment petites, il suffit de faire le rapprochement de la valeur de $\frac{u_{x+1}}{u_x}$ quand $u_x = \alpha^x$ avec celle de $\frac{d_xy}{y}$ quand $y = e^{\alpha x}$ pour conclure immédiatement de la forme de l'intégrale (1) celle de l'équation (7) qui sera évidemment

$$(8)\left\{\begin{array}{l} y = a_1e^{\alpha_1x} + a_2e^{\alpha_2x} + \ldots + a_ie^{\alpha_ix} \\ \text{avec les conditions} \quad \alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_i = 0, \\ a_1a_2\ldots a_i(\alpha_1-\alpha_2)^2(\alpha_1-\alpha_3)^2(\alpha_2-\alpha_3)^2\ldots(\alpha_{i-1}-\alpha_i)^2 = C. \end{array}\right.$$

» Avant de considérer quelques modifications très-intéressantes de cette équation, il sera utile d'établir un théorème élémentaire sur les rapports des formes consécutives $D_x^i y$ entre elles.

» Pour fixer les idées, bornons-nous pour le moment à la considération du déterminant

$$\left|\begin{array}{llll} y & y_1 & y_2 & y_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 & y_4 \\ y_2 & y_3 & y_4 & y_5 \\ y_3 & y_4 & y_5 & y_6 \end{array}\right|,$$

c'est-à-dire $D_x^4 y$ et des déterminants *mineurs* qu'il renferme.

» Posons $$D^3_x y = \begin{vmatrix} y & y_1 & y_2 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ y_2 & y_3 & y_4 \end{vmatrix}.$$

» En différentiant les quantités qui entrent dans ce déterminant *ligne* sur *ligne*, on formera trois déterminants nouveaux dont tous s'évanouiront identiquement à cause de l'égalité de deux lignes (terme à terme) qui en résultera, sauf toutefois le dernier qui sera

$$\begin{vmatrix} y & y_1 & y_2 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ y_3 & y_4 & y_5 \end{vmatrix}$$ et qui exprimera conséquemment la valeur de $\frac{d}{dx} \cdot D^3_x y$.

» De même en différentiant ce dernier déterminant (*colonne à colonne*), on obtiendra $$\begin{vmatrix} y & y_1 & y_3 \\ y_1 & y_2 & y_4 \\ y_3 & y_4 & y_6 \end{vmatrix}$$ comme la valeur de $\frac{d^2}{dx^2} D^3_x y$.

» On remarquera que tous les termes du nouveau déterminant

$$\begin{vmatrix} D^3_x y & \frac{d}{dx}\left(D^3_x y\right) \\ \frac{d}{dx}\left(D^3_x y\right) & \frac{d^2}{dx^2}\left(D^3_x y\right) \end{vmatrix}$$

seront des déterminants mineurs de $D^4_x y$, et par un théorème très-connu on conclut que ce déterminant composé sera égal au produit $D^2_x y \times D^4_x y$, c'est-à-dire

$$D^2_x y \times D^4_x y = D^2_x \left(D^3_x y\right),$$

et dans la même manière on peut établir l'équation générale qui lie ensemble trois termes consécutifs quelconques de la série

$$D^1\ D^2\ D^3\ D^4\ D^5 \ldots,$$

c'est-à-dire

(9) $$D^{i-1}_x y \times D^{i+1}_x y = D^2_x \left(D^i_x y\right).$$

Avec l'aide de cette équation on parvient facilement à l'intégration d'une classe très-intéressante d'équations différentielles du quatrième ordre, parmi lesquelles on peut distinguer les équations

$$D^3_x y = C y^3, \qquad \left(D^3_x y\right)^2 = C\left(D^2_x y\right)^3,$$

lesquelles ne sont que deux cas particuliers d'équations qu'on peut intégrer par le moyen des fonctions elliptiques inverses. »

COMITÉ SECRET.

M. DE SENARMONT, doyen de la Section de Minéralogie, présente, au nom de cette Section, la liste suivante de candidats pour une place vacante de Correspondant :

Au premier rang. . .	M. LYELL.	à Londres.
Au deuxième rang et par ordre alphabétique.	M. ABICH	à St-Pétersbourg.
	M. BOUÉ	à Vienne (Autriche).
	M. DANA	à New-Haven (États-Unis).
	M. DE DECHEN. . . .	à Bonn (Prusse).
	M. DOMEYKO.	à Santiago (Chili).
	M. HITCHCOCK. . . .	à Boston (États-Unis).
	M. JACKSON	à Boston (États-Unis).
	M. LOGAN.	à Québec (Canada).
	M. NAUMANN.	à Leipzig (Saxe).
	M. ANGELO SISMONDA.	à Turin (Piemont).
	M. STUDER.	à Berne (Suisse).

Les titres de ces candidats sont exposés et discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures et demie. É. D. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans la séance du 13 janvier 1862 les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, t. LII (janvier-juin 1861). Paris, 1861; vol. in-4°.

Éloge historique de Frédéric Tiedemann, l'un des huit Associés étrangers de l'Académie; par M. FLOURENS, Secrétaire perpétuel. Paris, 1862; in-4°.

La méthode des portraits grandeur naturelle et des agrandissements photographiques mise à la portée de tout le monde; par Arthur CHEVALIER. Paris, 1862; in-8°.

Rapport sur les travaux de la Faculté des Sciences de Montpellier pendant l'année scolaire 1860-1861; *par* M. Paul GERVAIS. Montpellier, 1861; 1 feuille in-8°.

Annales de la Propagation de la foi; janvier 1862, n° 200. Paris, 1862; in-12.

De l'absorption par le tégument externe; thèse pour le doctorat en médecine présentée et soutenue à la Faculté de Médecine de Paris; par M. L. HÉBERT. Paris, 1861; in-4°.

Quelques recherches sur la diphthérite et sur le croup; thèse pour le doctorat en médecine présentée et soutenue le 29 *décembre* 1859; *par* M. C.-F.-M. PETER. Paris, 1859; in-4°. (Adressée au Concours pour les prix de Médecine et de Chirurgie de 1862, avec l'analyse exigée par le programme.)

Mémoires de l'Académie royale de Médecine de Belgique (5e et 6e fascicules du t. IV). Bruxelles, 1860-1861; in-4°.

A handbook... *Manuel d'Astronomie descriptif et pratique; par* G.-F. CHAMBERS. Londres, 1861; 1 vol. in-12.

Über die... *Sur le Soleil; par* le Dr A. WINNECKE; br. in-8°.

Amtlicher... *Compte rendu officiel de la* 35e *réunion des naturalistes et médecins allemands à Kœnigsberg en Prusse en septembre* 1860; publié par les commissaires de la réunion, MM. V. VITTICH et WAGNER. Kœnigsberg, 1861; in-4°.

Sitzungsberichte... *Comptes rendus de l'Académie impériale des Sciences de Vienne: sciences mathématiques et sciences naturelles*; t. XLII, n° 29; t. XLIII, livraisons 4 et 5 (sciences mathématiques), t. XLIII, 5e livraison (sciences naturelles), t. XLIV, 1re et 2e livraisons (sciences mathématiques), t. XLIV, 1re et 2e livraisons (sciences naturelles). Vienne, 1861; 8 livraisons in-8°.

Jahrbücher... *Annuaire de l'Observatoire central de météorologie et de magnétisme terrestre*, publié par l'Académie impériale des Sciences et rédigé par K. KREIL; 8e volume, année 1856. Vienne, 1861; in-4°.

The circle... *Mesure commune du cercle et du carré par un triangle commun aux deux surfaces. Détermination aussi approchée qu'on le voudra de la valeur de ce triangle; par* W. HOULSTON. Londres et Jersey, 1862; in-4°.

Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg; t. III, nos 10, 11 et 12; t. IV, n° 1. Saint-Pétersbourg, 1861; in-4°.

Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg; t. III (feuilles 23-36), t. IV (feuilles 1-10); in-4°.

Arc du méridien de 25° 20′ *entre le Danube et la mer Glaciale mesuré depuis* 1816 *jusqu'en* 1855. Ouvrage rédigé par M. F.-G.-W. STRUVE, et publié par

l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg; t. I et II. Saint-Pétersbourg, 1857 et 1860; volumes gr. in-4° avec un atlas de 26 planches.

Tabulæ quantitatum besselianarum quibus apparentes stellarum positiones in medias convertuntur adhibitis numeris constantibus pulcovensibus pro annis 1840 *ad* 1864 *computatæ*. Edidit *Otto Struve*. Petropoli, 1861; petit in-4°.

Osservazioni... *Observations sur l'induction électrostatique; par* le prof. L. DELLA CASA. Bologne, 1860; in-4°.

Nuove... *Nouvelles observations sur l'induction électrostatique; par* le même. Bologne, 1861; in-4°.

Della visione... *Sur la vision binoculaire; par* le Dr F. ROSSETTI. Venise, 1861; in-4°.

Descripção... *Description des insectes coléoptères du Camboge; par* le baron D. CASTELLO DE PAIVA. Lisbonne, 1861; in-8°.

Descripção... *Description de deux nouvelles espèces de coléoptères des îles Canaries; par* le même. Lisbonne, 1861; in-8°. (Présentés par M. Moquin-Tandon.)

ERRATA.

(Séance du 6 janvier 1862.)

État de l'Académie des Sciences au 1er janvier 1862, page 9, Correspondants de la Section de Géographie et de Navigation.

Le nom de l'amiral LUTKE, placé par erreur à la fin de la liste, doit être remonté de trois lignes et venir après le nom de M. GIVRY.

Page 41, ligne 7, *au lieu de* (4), *lisez* (3).

Même page, au Tableau :

Numéros.		Longueurs L		
		m		
102	*au lieu de*	0,0573	*lisez*	0,0720
103	»	0,1360	»	0,4665
104	»	0,0573	»	0,7205
105	»	Id.	»	0,2882

(Rien à changer à la colonne des rayons *r*).